



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTTEJA  
RAPPORTER  
REPORTS  
2006:6

Salamahavainnot 2006  
Lightning Observations in Finland, 2006

**TAPIO J. TUOMI**  
**ANTTI MÄKELÄ**



RAPORTTEJA  
RAPPORTER  
REPOTS

No. 2006:6

551.506.1 (480)  
551.594.221

SALAMAHAVAINNOT 2006

LIGHTNING OBSERVATIONS IN FINLAND, 2006

Tapio J. Tuomi  
Antti Mäkelä

Ilmatieteen laitos  
Meteorologiska institutet  
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2006

ISBN 951-697-654-9  
ISSN 0782-6079 (Raportteja – Rapporteur – Reports)  
ISSN 1235-1466 (Salamahavainnot –  
Lightning Observations in Finland)

Julkaisija  Ilmatieteen laitos <i>Erik Palménin aukio 1</i> PL 503 00101 Helsinki		Julkaisusarjan nimi ja numero  Raportteja 2006:6	
		Julkaisuaika  Marraskuu 2006	
Tekijä(t)  Tuomi, Tapio J. Mäkelä, Antti		Projektin nimi  Toimeksiantaja	
Nimeke Salamahavainnot 2006			
Tiivistelmä  <i>Ilmatieteen laitos on koonnut ja julkaissut salamanlaskijoiden havainnot vuosilta 1960-1997. Vuodesta 1998 lähtien kaikki järjestelmälliset maasalamahavainnot perustuvat salamanpaikantimeen, jonka nykyinen malli aloitti toimintansa elokuussa 1997. Se käsittää viisi anturia, pohjoisin Rovaniemellä, jotka kattavat Suomen lukuun ottamatta Lapin pohjoisosaa. Vuonna 2006 mukana olivat lisäksi Norjan ja Ruotsin anturit, joiden ansiosta koko Lappi katettiin ja suorituskky parani myös muualla Suomessa, sekä yksi anturi Virossa. Elokuussa 2004 hankittu uusi keskusyksikkö vastaanottaa myös kolmen Lounais-Suomessa olevan, pilvisalamoiden paikannukseen tarkoitetun anturin havainnot ja käyttää niitä täydennyksenä maasalamoiden paikannuksessa. Laitteisto paikantaa maasalamoista erikseen jokaisen osaiskun ja ryhmittelee ne kokonaisiksi salamoiksi. Paikannettu salama voi sisältää 1-15 iskua; keskiarvo Suomessa on vajaa kaksi iskua/salama. Tilastoinnin pohjana käytetään salama-eikä iskumääriä, koska salama on ilmastollisesti edustavampi suure. Kesän 2006 aikana paikannettiin Suomen alueella runsaat 67 000 salamaa, mikä on noin puolet keskiarvosta. Kohtuullisen runsaita päiviä oli vain kaksi heinäkuussa.</i>			
Julkaisijayksikkö Tutkimus ja kehitys / Kaukokartoitus			
Luokitus 551.506.1 : 551.594.221 (480)		Avainsanat salama, salamanpaikannin, ukkonen	
ISSN ja avainnimeke ISSN 0782-6079 Raportteja, ISSN 1235-1466 Salamahavainnot			
Kieli suomi – englanti		ISBN ISBN 951-697-654-9	
Myynti Ilmatieteen laitos, kirjasto PL 503 00101 Helsinki e-mail: kirjasto@fmi.fi		Sivumäärä 39	Hinta 20 e
		Yhteydet p. (09) 1929 4667, f. -3146 e-mail: tapio.tuomi@fmi.fi	

Published by  Finnish Meteorological Institute P.O. Box 503 FIN-00101 Helsinki Finland		Series title and number  Reports 2006:6	
		Date  November 2006	
Author(s)  Tuomi, Tapio J. Mäkelä, Antti		Name of project	
		Commissioned by	
Title Lightning Observations in Finland, 2006			
Abstract  <i>The Finnish Meteorological Institute has collected and published lightning flash counter results in 1960-1997. Since 1998, all systematic ground lightning observations are based on the location system, the present model of which started its operation in August 1997. It has five sensors, which cover the country except for the northernmost part. In 2006, the Norwegian and Swedish sensors were also connected, completing the coverage up to the north and also improving the performance in other parts of Finland. Also, one sensor in Estonia was connected. The new central unit installed in August 2004 receives also the data from three cloud-lightning sensors in SW Finland; they are also used in the ground-lightning location procedure. The system locates separately every stroke and groups them into whole flashes. A located flash may contain 1-15 strokes; the mean in Finland is nearly two strokes/flash. The statistics are based on flashes rather than strokes because the flash is a more appropriate climatic quantity. In summer 2006, a total of 67,000 flashes were located within Finland's borders, which is about one half the average. Only two moderately abundant days occurred, both in July.</i>			
Publishing unit Research and Development / Earth Observation			
Classification (UDC) 551.506.1 : 551.594.221 (480)		Keywords lightning, lightning location system, thunder	
ISSN and key name ISSN 0782-6079 Reports ISSN 1235-1466 Lightning Observations in Finland			
Language Finnish – English		ISBN ISBN 951-697-654-9	
Sold by <i>Finnish Meteorological Institute, Library</i> P.O. Box 503 FIN-00101 Helsinki, Finland e-mail: kirjasto@fmi.fi		Pages 39	Price 20 e
		Contact p. (09) 1929 4667, f. –3146 e-mail: tapio.tuomi@fmi.fi	

## Sisällys

	p.
1 Johdanto	7
2 Salamahavaintojen yhteenveto 2006	12
3 Kesän 2006 tärkeimmät ukkosjaksot	23
4 Salamoiden kerrannaisuudet ja voimakkuudet	30
5 Salama- ja iskutiheydet vuosina 1960 – 2006	32
Lähdeviitteet	36
Liite 1: Salamanpaikannin	36

## Contents

1 Introduction	
2 Summary of lightning observations in 2006	
3 Main thunderstorm periods in summer 2006	
4 Flash multiplicities and strengths	
5 Flash and stroke densities in 1960 – 2006	
References	
Appendix 1: Lightning location system	





## 1 Johdanto

Suomessa käytettiin vuodesta 1959 lähtien salamanlaskijoita, joiden tulokset julkaistiin vuodesta 1960 alkaen. Laskijoita oli vuoteen 1988 toiminnassa 50-60 kpl kesäisin (touko-syyskuu); vuosina 1989-97 laskijatuloksia kerättiin vain Lapista. Salamanlaskijan rakenne on kuvattu ja vuotta 1984 edeltävät salamanlaskijaselosteet on lueteltu ensimmäisessä Salamahavainnot-julkaisussa. Kaikki Salamahavainnot ennen vuotta 2006 ovat ilmestyneet sarjassa Geofysikaalisia julkaisuja; luettelo on tämän kirjasen lopussa ennen Raportteja-luetteloa.

Vuonna 1984 hankittiin Ilmatieteen laitokselle automaattinen maasalamanpaikannin (ks. Salamahavainnot 1997), joka korvattiin vuonna 1997 samalta valmistajalta hankitulla uudella paikantimella (liite 1). Siitä käytetään anturityypin mukaisesti tässä nimitystä IMPACT. Vuonna 2001 hankittiin myös Lounais-Suomen kattava SAFIR-pilvisalamanpaikannin, joka toimi aluksi koekäytössä. Elokuussa 2004 IMPACT-verkon keskusyksikkö vaihdettiin uuteen CP8000-yksikköön, joka vastaanottaa myös SAFIR-anturien tiedot (liite 1). Yhdistetyn verkon suorituskyky on parantunut erityisesti Etelä-Suomessa.

Maasalamanpaikannin käsittää siten kahdeksan anturia, joiden havaintoalue kattaa lähes koko maan lukuun ottamatta pohjoisinta Lappia. Lisäksi kuitenkin keskusyksikköön on ollut kytkettynä lähes kaksikymmentä anturia Norjan ja Ruotsin vastaavista IMPACT-verkoista (ja päinvastoin) sekä vuonna 2005 asennettu anturi Tartossa. Näiden ansiosta havaintoalue on kattanut myös Pohjois-Lapin, ja tarkkuus ja tehokkuus ovat parantuneet myös muualla Suomessa.

Järjestelmä paikantaa erikseen salaman jokaisen osaiskun. Tässä julkaisussa kui-

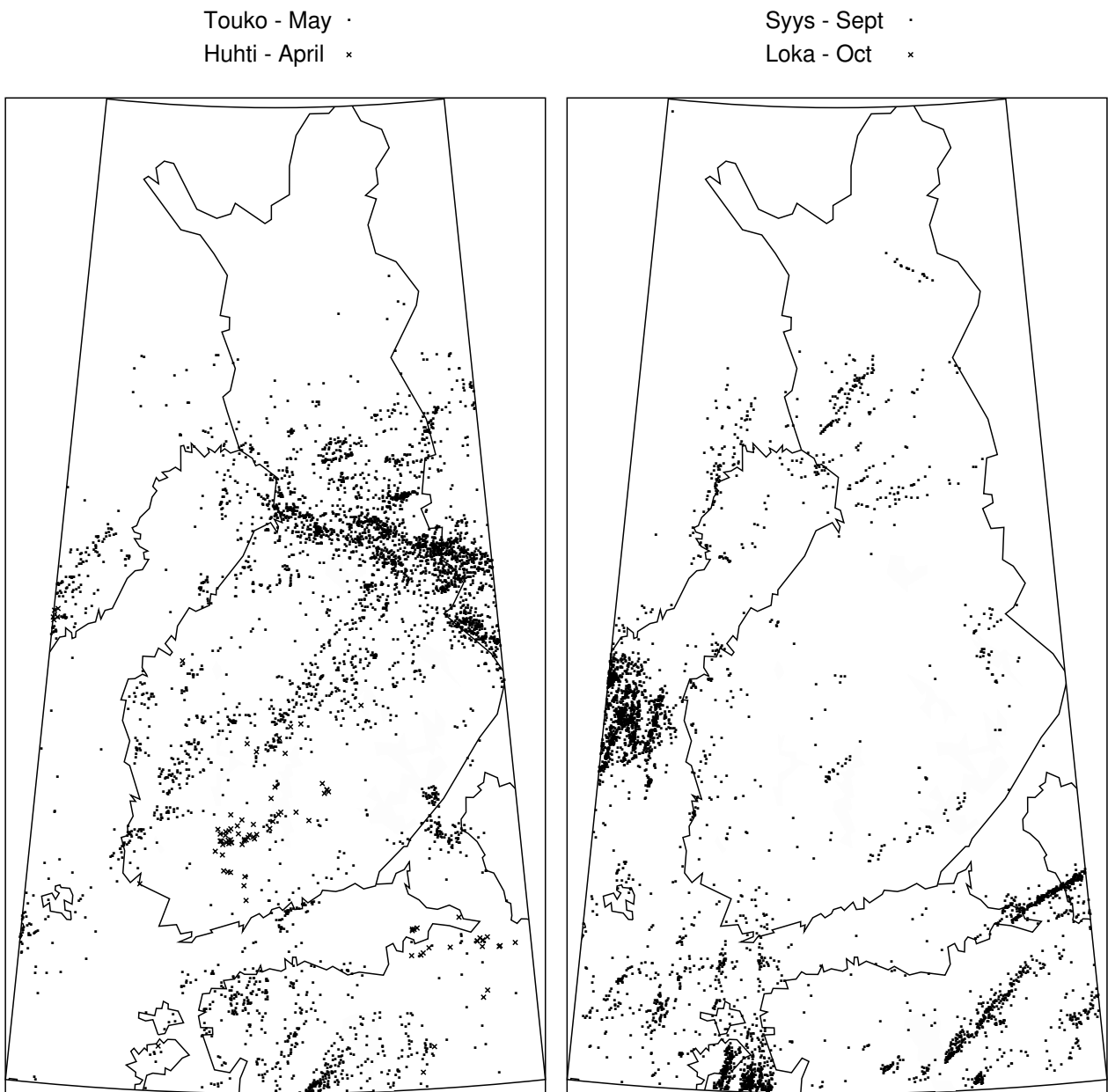
## 1 Introduction

Lightning flash counters were used in Finland since 1959 and the results were published since 1960. Until 1988 the number of counters was 50-60, and in 1989-97, only northern Finland was covered by a counter network. The normal season was from May to September. A description of the counters and a list of publications before 1984 are given in the first issue of Lightning Observations. All issues before 2006 have appeared in the series Geophysical Publications, listed at the end of this issue before the Reports list.

In 1984, the Finnish Meteorological Institute set up an automatic ground lightning location system (see Lightning Observations, 1997), which in 1997 was replaced by a new system supplied by the same manufacturer (Appendix 1). It is called here IMPACT according to the sensor type. In 2001, a SAFIR cloud lightning location system was installed to cover south-western Finland, first for test use. In August 2004, the IMPACT network was furnished by a new CP8000 central unit, which receives also the SAFIR sensor data (Appendix 1). The performance of the combined network has improved especially in the south.

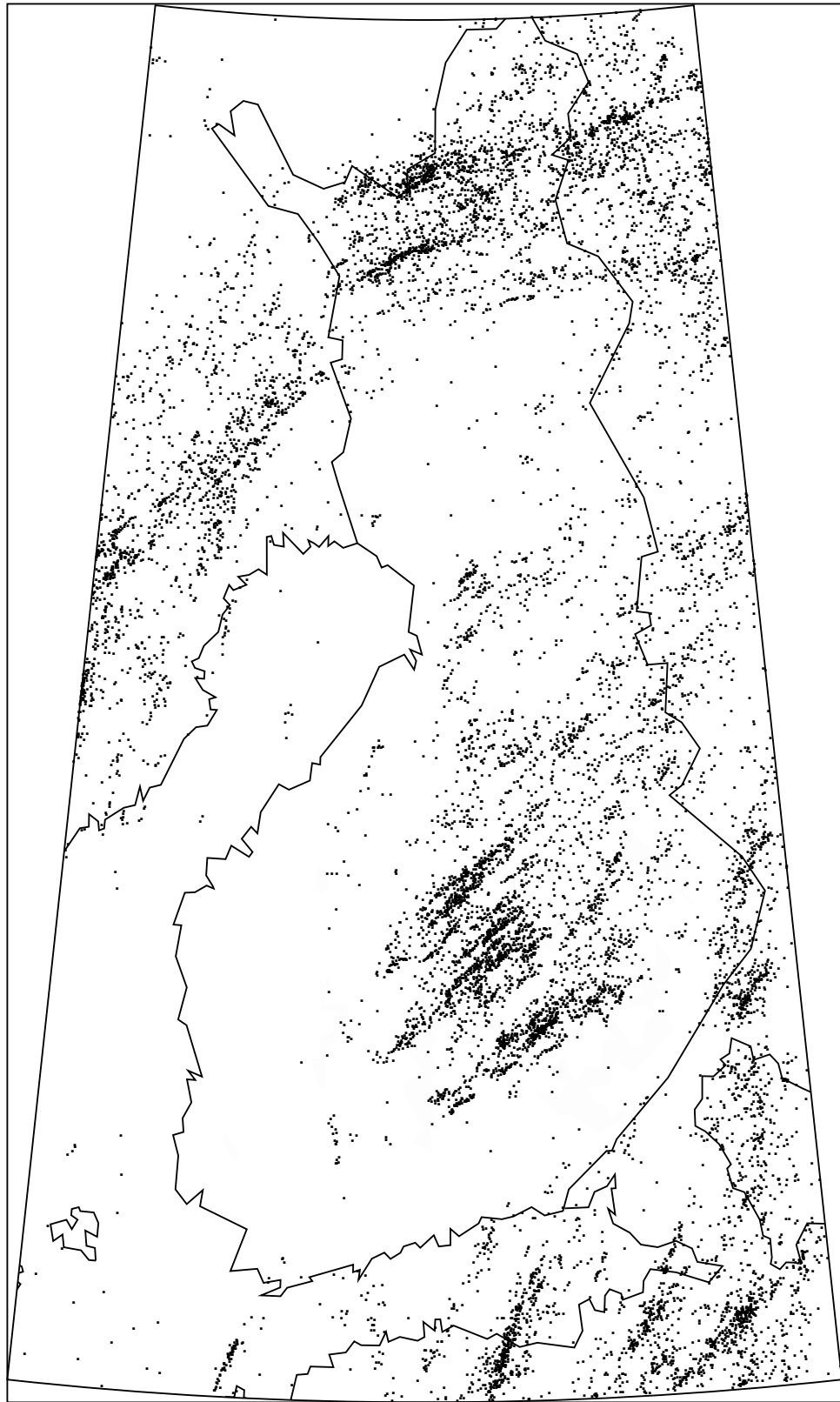
The ground lightning location system has thus eight sensors, whose detection area covers almost the whole country, excluding northernmost Lapland. However, almost twenty sensors from the corresponding Norwegian and Swedish IMPACT systems have also been connected to the central unit (and vice versa), as well as a sensor in Tartu (Estonia) installed in 2005. These have extended the coverage to northern Lapland and the efficiency and accuracy have improved also elsewhere.

The system locates separately each stroke. In this issue, however, the basis



Kuva 1. Vasen: Huhti- (x) ja toukokuun (.) 2006 paikannetut salamat, yhteensä 90 ja 4119 kpl. Oikea: Syys- (.) ja lokakuun (x) 2006 paikannetut salamat, yhteensä 3704 ja 0 kpl.

*Fig. 1. Left: Located flashes in April (x) and May (.) 2006. Totals are 90 and 4119. Right: Located flashes in September (x) and October (.) 2006. Totals are 3704 and 0.*



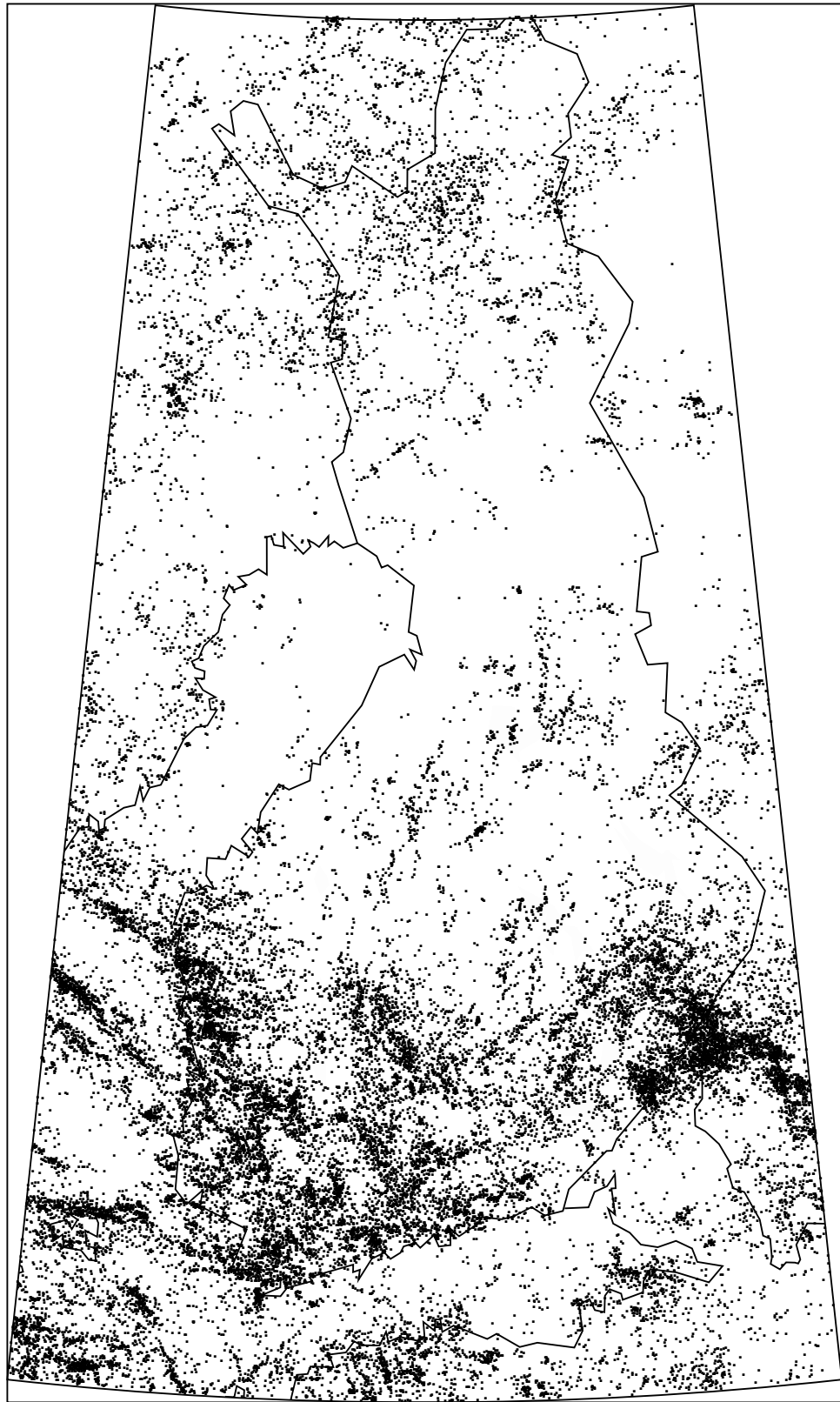
Kuva 2. Kesäkuun 2006 paikannetut salamat, yhteensä 11 294 kpl.

*Fig. 2. Located flashes in June 2006. Total number is 11,294.*



Kuva 3. Heinäkuun 2006 paikannetut salamat, yhteensä 64 185 kpl.

*Fig. 3. Located flashes in July 2006. Total number is 64,185.*



Kuva 4. Elokuun 2006 paikannetut salamat, yhteensä 31 534 kpl.

*Fig. 4. Located flashes in August 2006. Total number is 31,534.*

tenkin tilastoidaan (maa)salamat, sillä salamamäärä on ilmastollisena suurena parempi ja laajemmin käytetty kuin osaiskujen määrä. Paikannuksen kannalta tosin osaisku on perussuure ja salama on osaiskuista johdettu suure, jolloin käytännössä "salaman" aika, paikka, napaisuus ja voimakkuus viittaavat sen ensimmäiseen (tai ainoaan) osaiskuun. Iskumäärä ilmaistaan kerrannaisuudella, mutta haarukoituvien salamoiden paikkaerot jäävät esittämättä. Osaiskujen ja salamoiden lukumäärien suhdetta käsitellään luvussa 4.

Salamahavaintojen yhteenveto vuodelta 2006 on luvussa 2. Luvussa 3 kuvataan paikannustulosten perusteella kesän ukkosjaksoja. Muita paikantimen antamia tuloksia (salamoiden voimakkuus, napaisuus ja kerrannaisuus) esitetään luvussa 4.

Luvussa 5 tehdään yhteenveto kaikista salamamäärämittauksista 1960-2006 korjattuna salama- ja iskutiheyksiksi. Lisäksi esitetään vuosikeskiarvot maa-salamoiden alueellisesta ja vuorokautisesta jakautumisesta jaksolta 1998-2006. Samoin tehdään selkoa poikkeuksellisen voimakkaista ukkosista viime vuosina.

Salamanpaikannustuloksia on myös Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilla ([www.ilmatieteenlaitos.fi](http://www.ilmatieteenlaitos.fi)).

## 2 Salamahavaintojen yhteenveto 2006

Salamanpaikantimen tulokset voidaan esittää karttoina, joihin jokainen paikannettu osaisku tai salama on merkitty erikseen (kuvat 1-4). Karttojen salamamäärät riippuvat tietysti käytetystä kartta-alueesta, ja muiden pohjoismaisten anturien mukaantulo on lisännyt Suomen ulkopuolisia paikannuksia. Tästä syystä tekstissä mainitaan vain Suo-

of the statistics of (ground) lightning is the flash, because it is a more appropriate and widely used climatic quantity. Yet the stroke is the basic quantity of lightning location and the flash is derived from stroke information. In practice, the time, position, polarity and strength of a "flash" are those of its first (or only) stroke. The number of strokes is expressed as the multiplicity, but the strike-point differences in a forked flash are ignored. The relation between the numbers of strokes and flashes is discussed in Chapter 4.

The lightning observations in 2006 are summarized in Chapter 2. In Chapter 3, the thunderstorm periods are described in terms of the location results. Other results (the strength, polarity and multiplicity of flashes) are given in Chapter 4.

Chapter 5 summarizes all lightning detection data, as corrected flash and stroke densities, for 1960-2006. In addition, the annual means of the spatial and daily distributions of the ground flashes are presented for 1998-2006. The occurrence of exceptionally violent thunderstorms in recent years is reported.

Lightning location results are also given on the web pages of FMI ([www.fmi.fi](http://www.fmi.fi)).

## 2 Summary of lightning observations in 2006

The strokes or flashes detected by the lightning location system can be presented as separate dots on a map (Figs. 1-4). The numbers of flashes on a map depend, of course, on the displayed area, and the contribution from other Nordic sensors has increased the locations outside Finland. For this reason, in the text the numbers of flashes refer only to

men alueen (paitsi avomerien) paikannetut salamamäärät.

Tarkasteltaessa tilastollisesti alueellista jakautumista kannattaa paikannetut pisteet jakaa sopivalle karttaruudukolle. Peruskarttaruudukko (ruutukoko  $10 \times 10 \text{ km}^2$ ) on vuosikirjatasen esityksessä tarpeettoman tarkka ja ruutujen lukumäärä on suuri. Yleismaastokartat (mittakaava 1:50 000) perustuvat yleislehtiäön mukaisiin noin  $30 \text{ km} \times 40 \text{ km}$  lehtiin, joille tässä käytetään nimitystä *paikalliskarttaruutu*. Yleislehtiäosta poiketen kaikkien ruutujen leveys tässä on 0,75 pituusastetta ( $42\text{--}29^\circ$ ) ja ala vastaavasti noin  $1260\text{--}860 \text{ km}^2$ , mutta niille käytetään samaa nelinumeroista numerointia. Ainakaan toistaiseksi ei käytetä uutta ETRS-TM35FIN -karttajärjestelmää (Julkisen hallinnon suositus JHS 154), jonka ruudukko koostuu  $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$  yksiköistä; perusneliön sivu olisi joko 24 tai 48 km, eli jako olisi selvästi hienompi tai karkeampi kuin nyt käytetty.

Taulukossa 1 on paikannetut salamat (vuosina 1998–2001 osaiskut) ja vastaavat ukkospäiväluvut jaettu paikalliskarttaruudukolle ilman havaintotehokkuuskorjauksia. Kullekin riville on merkitty vastaava karttanumero, kuvaava paikannimi ja pinta-ala. (Numerot ja nimet näkyvät kartoilla kahdella ylimääräisellä sivulla tämän kirjasen lopussa.) Ala on isompi kuin sellainen alue, jolta aistihavainnot (näkö- ja kuulohavainnot) saadaan, joten taulukon 1 ukkospäiväluvut ovat liian suuria. Ukkospäiväkorjausta on käsitelty aikaisemmassa vuosikirjassa (Salamahavainnot 2001); taulukon 1 luvut esitetään korjattuina kuvassa 5.

Taulukko 1 kattaa nimellisesti vain touko-syyskuun, vaikka merkittävää (tosin vähäistä) salamointia esiintyy usein huhti- ja lokakuussa. Touko-syyskuun ulkopuoliset lukumäärät on sisällytetty kesän

those located within Finland (excluding the seas).

For a statistical evaluation of spatial variations, located points should be distributed on a grid of suitably sized areas. The basic map-square grid (square size  $10 \times 10 \text{ km}^2$ ) is unnecessarily accurate for a yearbook level and the number of squares is large. General topographic maps (scale 1:50,000) are based on sheets of about  $30 \text{ km} \times 40 \text{ km}$  size, which are called here *local map squares*. Unlike the squares used in the map sheet system, here the width of all squares is 0.75 degrees of longitude ( $42\text{--}29^\circ$ ) and the areas are respectively about  $1260\text{--}860 \text{ km}^2$ , but the same four-digit numbering will be used. So far, the new map system ETRS-TM35FIN will not be used; the maps are built from units of  $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ , and a basic square needed here would have its side either 24 or 48 km, i.e. the grid would be clearly finer or coarser than that used presently.

In Table 1, located flashes (strokes in 1998–2001) and corresponding thunder day numbers have been distributed on local map squares without detection-efficiency corrections. Each row includes the map number, a descriptive name and the area. (The numbers and names are shown on maps on two extra pages at the end of this issue.) The area is larger than that of human (visual and aural) observations, so the thunder day numbers of Table 1 are too high. The thunder-day correction has been discussed in a previous yearbook (Lightning Observations, 2001); Fig. 5 shows the numbers from Table 1 corrected.

Table 1 nominally covers only the period May–September, although there is often significant (but sparse) lightning in April and October. The numbers outside May–September are included in the totals.

Taulukko 1. Paikannetut salamat ja ukkospäivät 4-numeroisilla karttaruuduilla 2006.

Table 1. Numbers of located flashes and thunder days on 4-digit map squares in 2006.

No		km <sup>2</sup>	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Total	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Tot
2011	Hanko	1257	0	1	4	175	5	227	0	1	2	7	1	13
2013	Jussarö	1257	0	1	0	94	6	140	0	1	0	8	1	12
1012	Mariehamn	1247	3	1	171	127	0	309	2	1	5	8	0	17
1014	Föglö	1247	2	0	135	49	0	193	2	0	3	7	0	13
1032	Korppoo	1247	0	0	177	94	4	286	0	0	5	5	2	14
1034	Nauvo	1247	0	0	53	196	1	266	0	0	4	10	1	17
2012	Kemiö	1247	0	4	7	330	6	361	0	2	2	8	1	16
2014	Tammisaari	1247	0	1	3	175	9	232	0	1	1	9	1	14
2032	Espoo	1247	1	4	1	74	0	134	1	3	1	9	0	16
2034	Helsinki	1247	15	0	82	22	0	191	1	0	2	4	0	8
1021	Geta	1237	1	0	86	248	9	371	1	0	4	9	1	16
1023	Kumlinge	1237	4	1	26	296	2	341	1	1	2	5	1	11
1041	Iniö	1237	0	0	141	71	2	229	0	0	1	8	1	12
1043	Turku	1237	0	0	349	109	2	471	0	0	3	10	1	16
2021	Salo	1237	0	0	94	181	7	288	0	0	4	10	2	18
2023	Suomusj.	1237	1	0	7	223	2	237	1	0	2	9	1	14
2041	Lohja	1237	0	0	89	277	1	374	0	0	3	10	1	16
2043	Kerava	1237	5	0	77	202	0	334	1	0	3	8	0	13
3021	Porvoo	1237	17	0	27	153	0	229	3	0	1	7	0	12
3023	Kotka	1237	1	25	125	70	0	382	1	2	1	6	0	12
1042	Vehmaa	1226	3	0	79	102	2	189	1	0	2	9	2	15
1044	Mynämäki	1226	2	0	193	172	1	369	2	0	3	10	1	17
2022	Marttila	1226	7	0	118	173	1	300	2	0	3	10	1	17
2024	Somero	1226	0	0	99	221	0	325	0	0	4	10	0	17
2042	Karkkila	1226	2	1	284	169	0	462	2	1	4	9	0	19
2044	Hyvinkää	1226	1	0	134	228	0	366	1	0	3	10	0	15
3022	Lapinjärvi	1226	4	0	53	180	0	237	2	0	2	9	0	13
3024	Anj.koski	1226	26	2	55	145	0	237	2	2	2	6	0	13
3042	Hamina	1226	4	5	209	102	0	336	2	2	2	6	0	13
1131	Uusikaup.	1216	18	0	34	140	1	200	1	0	7	8	1	18
1133	Yläne	1216	7	0	60	188	1	263	3	0	3	9	1	18
2111	Loimaa	1216	2	0	115	191	0	309	2	0	2	8	0	13
2113	Forssa	1216	1	0	169	82	1	256	1	0	4	9	1	16
2131	Hämeenl.	1216	12	5	257	128	2	404	1	1	4	8	1	15
2133	Käröklä	1216	3	0	146	206	0	355	3	0	3	10	0	16
3111	Lahti	1216	0	0	82	193	4	279	0	0	3	9	1	13
3113	Kouvola	1216	3	1	41	61	5	113	1	1	3	8	1	15
3131	Luumäki	1216	3	1	87	63	0	156	1	1	2	6	0	11
3133	Ylämaa	1216	6	5	93	32	0	137	2	1	7	6	0	17
1132	Rauma	1206	12	0	23	136	3	174	3	0	5	10	1	19
1134	Kokemäki	1206	13	0	11	164	5	199	3	0	3	8	1	16
2112	Huittinen	1206	2	0	33	224	2	261	1	0	2	10	1	14
2114	Toijala	1206	1	5	189	181	0	386	1	1	3	9	0	16
2132	Hauho	1206	1	9	285	211	0	524	1	1	3	11	0	17
2134	Lammi	1206	7	3	140	130	2	284	4	2	3	9	1	20
3112	Heinola	1206	0	5	239	52	1	297	0	2	3	10	1	16
3114	Jaala	1206	3	0	98	71	1	174	2	0	5	7	1	16
3132	Savitaip.	1206	4	1	39	104	11	159	1	1	3	7	1	13
3134	Lappeenr.	1206	3	1	84	41	1	130	3	1	4	5	1	14
4112	Imatra	1206	12	6	63	43	0	124	3	1	4	6	0	14
1141	Luvia	1195	0	0	8	144	14	166	0	0	3	8	1	12
1143	Pori	1195	13	0	17	224	3	257	2	0	3	5	1	11
2121	Vammala	1195	8	0	27	312	2	349	2	0	3	8	1	14
2123	Tampere	1195	2	0	124	136	0	270	1	0	3	7	0	12



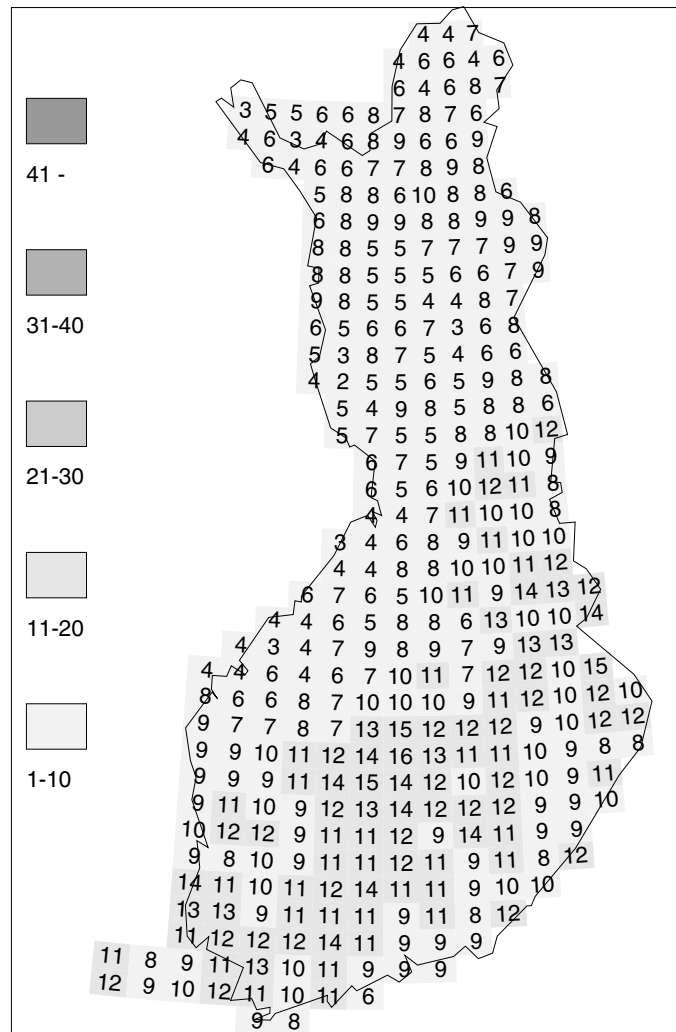
2141	Kangasala	1195	1	0	351	97	1	452	1	0	3	9	1	15
2143	Padasjoki	1195	5	1	182	155	0	346	1	1	4	8	0	15
3121	Sysmä	1195	1	73	125	128	0	329	1	2	5	8	0	17
3123	Mäntyharju	1195	4	15	234	93	0	346	3	1	4	7	0	15
3141	Ristiina	1195	7	5	127	72	0	211	2	1	6	4	0	13
3143	Puumala	1195	1	0	201	121	7	330	1	0	7	6	1	15
4121	Ruokolahti	1195	8	4	179	205	2	398	1	1	5	3	1	11
4123	Parikkala	1195	23	3	305	349	0	680	1	2	8	6	0	17
1142	Ahlainen	1185	0	0	30	142	4	177	0	0	4	8	1	14
1144	Pomarkku	1185	17	0	11	187	3	220	2	0	2	9	2	16
2122	Ikaalinen	1185	15	0	58	47	3	124	2	0	3	9	2	17
2124	Teisko	1185	1	2	171	61	0	235	1	2	3	7	0	13
2142	Orivesi	1185	4	6	201	95	0	306	2	2	4	7	0	15
2144	Kuhmoinen	1185	7	20	288	214	7	538	2	1	4	5	2	15
3122	Joutsa	1185	2	9	161	138	0	310	1	3	5	8	0	17
3124	Hirvens.	1185	0	87	216	97	0	405	0	3	4	5	0	13
3142	Mikkeli	1185	2	45	309	49	4	410	2	3	7	5	1	19
3144	Sulkava	1185	0	4	276	138	0	418	0	2	7	6	0	15
4122	Pihl.vesi	1185	3	1	230	82	1	317	1	1	5	5	1	13
4124	Punkaharju	1185	8	0	342	217	1	568	1	0	7	4	1	13
1231	Merikarvia	1175	3	0	22	217	3	245	1	0	3	8	1	13
1233	Honkajoki	1175	6	0	28	381	5	423	2	0	3	8	1	15
2211	Parkano	1175	19	0	149	94	1	264	2	0	3	7	1	14
2213	Kuru	1175	29	0	265	75	0	369	3	0	3	7	0	13
2231	Mänttä	1175	6	10	121	144	0	281	2	2	5	8	0	17
2233	Jämsä	1175	1	55	241	170	13	480	1	2	6	7	2	18
3211	Korpilahti	1175	1	40	436	78	2	557	1	3	7	7	1	19
3213	Kangasn.	1175	1	49	500	53	0	603	1	3	6	6	0	16
3231	Haukivuori	1175	1	217	404	109	2	733	1	3	5	6	1	16
3233	Juva	1175	0	57	197	110	1	365	0	3	6	6	0	16
4211	Savonlinna	1175	0	11	160	139	4	314	0	1	6	4	0	12
4213	Kerimäki	1175	0	2	294	175	2	473	0	1	6	4	0	12
4231	Kitee	1175	3	18	370	370	4	765	1	2	6	3	1	14
1232	Kristiina	1164	10	0	27	280	2	319	1	0	2	8	1	12
1234	Isojoki	1164	2	0	12	183	3	200	1	0	4	7	1	13
2212	Karvia	1164	16	0	65	89	0	170	2	0	3	7	0	12
2214	Virrat	1164	7	1	102	48	1	165	3	1	3	6	1	15
2232	Keuruu	1164	3	1	139	166	1	312	3	1	6	7	1	19
2234	Petäjävesi	1164	26	10	386	87	0	510	4	3	7	6	0	21
3212	Jyväskylä	1164	7	87	666	17	1	779	2	4	7	4	1	19
3214	Hankasalmi	1164	0	99	326	35	0	460	0	4	7	5	0	16
3232	Pieksämäki	1164	1	37	375	31	0	444	1	2	7	4	0	14
3234	Varkaus	1164	1	86	420	99	0	606	1	3	7	5	0	16
4212	Savonranta	1164	0	70	60	139	0	269	0	3	6	5	0	14
4214	Rääkkylä	1164	0	9	53	213	3	278	0	2	6	4	1	13
4232	Tohmajärvi	1164	4	24	201	124	2	355	2	2	6	4	0	15
1241	Kaskinen	1154	2	0	130	268	3	403	2	0	3	7	1	13
1243	Kauhajoki	1154	3	0	51	71	0	125	3	0	3	7	0	13
2221	Jalasjärvi	1154	6	0	81	51	1	140	2	0	3	7	1	14
2223	Alavus	1154	15	0	26	17	6	64	4	0	5	5	1	15
2241	Ähtäri	1154	21	4	153	38	3	219	3	2	5	5	2	17
2243	Multia	1154	19	58	675	35	5	792	4	3	6	5	1	19
3221	Äänekoski	1154	16	71	576	12	1	678	3	4	7	5	1	22
3223	Rautalampi	1154	4	207	370	25	0	606	1	4	7	6	0	18
3241	Suonenjoki	1154	9	90	253	30	0	382	2	3	7	3	0	15
3243	Leppävirta	1154	6	31	408	24	0	469	1	3	6	5	0	15
4221	Heinävesi	1154	2	46	123	119	0	290	2	3	5	4	0	14
4223	Joensuu	1154	0	5	37	188	1	231	0	1	6	4	1	12
4241	Kiiht.v.	1154	3	28	85	63	0	179	1	2	6	2	0	11
4243	Petkelj.	1154	0	32	278	38	0	348	0	2	7	2	0	11

1242	Korsnäs	1143	10	0	108	140	10	268	2	0	3	5	2	12
1244	Jurva	1143	9	0	114	78	5	206	1	0	3	5	1	10
2222	Seinäjäki	1143	9	0	81	28	2	120	1	0	3	5	1	10
2224	Kuortane	1143	2	2	37	12	0	53	2	2	3	4	0	11
2242	Soini	1143	2	0	92	10	0	104	2	0	4	3	0	9
2244	Saarijärvi	1143	8	26	357	11	4	406	4	3	5	4	2	18
3222	Keitele	1143	33	114	325	17	1	490	2	6	7	5	1	21
3224	Karttula	1143	16	170	520	21	0	727	1	4	7	5	0	17
3242	Kuopio	1143	10	98	202	63	0	374	2	4	6	3	0	16
3244	Vehmers.	1143	7	43	482	20	0	552	3	3	5	5	0	16
4222	Outokumpu	1143	3	24	363	31	0	421	1	2	7	3	0	13
4224	Kontiol.	1143	0	8	149	60	1	218	0	1	6	6	1	14
4242	Eno	1143	0	5	96	56	0	157	0	2	9	6	0	17
4244	Ilomantsi	1143	7	30	194	23	0	254	2	2	8	4	0	16
1331	Vaasa	1133	3	0	82	56	7	148	1	0	4	3	3	11
1333	Laihia	1133	0	0	50	48	8	106	0	0	3	4	1	8
2311	Kauhava	1133	12	0	22	14	0	48	1	0	2	5	0	8
2313	Alajärvi	1133	1	3	23	11	0	38	1	2	4	4	0	11
2331	Kyyjärvi	1133	0	2	33	25	1	61	0	1	5	3	1	10
2333	Kivijärvi	1133	3	5	41	15	4	68	1	2	6	4	1	14
3311	Viitas.	1133	16	150	288	14	0	468	2	4	6	2	0	14
3313	Vesanto	1133	18	72	282	5	0	377	1	4	5	4	0	14
3331	Siilinj.	1133	18	38	364	34	0	454	2	1	6	3	0	12
3333	Juankoski	1133	5	24	172	13	2	216	3	2	7	2	1	15
4311	Sivakkav.	1133	11	42	403	24	0	480	3	4	5	4	0	16
4313	Koli	1133	4	17	214	25	8	268	1	2	7	3	1	14
4331	Koitere	1133	0	7	235	14	1	257	0	4	7	5	1	17
4333	Naarva	1133	14	58	117	20	0	209	2	2	6	4	0	14
1332	Raippal.	1122	0	0	140	2	2	144	0	0	3	2	1	6
1334	Oravainen	1122	0	0	109	18	13	140	0	0	1	3	2	6
2312	Alahärmä	1122	2	0	34	29	0	66	1	0	2	4	0	8
2314	Evijärvi	1122	3	0	40	10	0	53	1	0	3	2	0	6
2332	Perho	1122	1	1	55	4	1	62	1	1	3	2	1	8
2334	Kinnula	1122	0	6	66	27	0	99	0	2	4	4	0	10
3312	Pihtipudas	1122	4	14	126	8	0	152	2	3	5	3	0	13
3314	Pielavesi	1122	13	103	190	6	0	312	2	3	6	4	0	15
3332	Lapinlahti	1122	14	43	306	4	0	367	2	2	4	2	0	10
3334	Nilsia	1122	18	22	89	4	2	135	2	3	7	2	1	16
4312	Yläluosta	1122	8	37	332	6	3	386	2	4	7	2	1	16
4314	Juuka	1122	1	19	249	3	8	280	1	2	6	3	1	13
4332	Liekka	1122	15	6	423	9	1	454	3	3	8	5	1	20
1343	Vexala	1112	0	0	96	5	1	102	0	0	2	2	1	5
2321	Pietars.	1112	0	0	88	25	0	113	0	0	1	3	0	4
2323	Kaustinen	1112	0	3	32	8	5	48	0	1	2	1	1	5
2341	Lestijärvi	1112	3	3	23	28	0	57	1	1	2	5	0	9
2343	Reisjärvi	1112	1	1	35	55	0	92	1	1	5	5	0	12
3321	Pyhäjärvi	1112	1	23	121	6	0	151	1	3	4	3	0	11
3323	Kiuruvesi	1112	7	22	334	71	0	434	1	3	5	3	0	12
3341	Iisalmi	1112	13	45	82	0	3	143	2	2	5	0	0	10
3343	Rautavaara	1112	4	17	133	2	1	157	3	1	5	2	0	12
4321	Nurmes	1112	9	29	306	5	6	355	4	4	7	1	1	17
4323	Savijärvi	1112	11	5	271	17	5	309	3	3	7	4	1	18
2322	Kokkola	1101	1	0	36	9	1	47	1	0	1	3	1	6
2324	Kannus	1101	4	0	88	3	1	96	1	0	1	3	1	6
2342	Sievi	1101	0	7	8	12	0	27	0	1	3	4	0	8
2344	Nivala	1101	1	1	24	34	0	60	1	1	2	3	0	7
3322	Kärsämäki	1101	2	6	258	38	0	305	1	3	3	3	0	11
3324	Lapinsalo	1101	7	15	134	12	0	168	2	2	5	2	0	11
3342	Vieremä	1101	11	21	33	8	0	73	1	2	4	1	0	8
3344	Pirttimäki	1101	28	18	178	10	0	234	3	4	10	1	0	18

4322	Hiidenp.	1101	1	23	322	15	2	363	1	3	8	1	1	14
4324	Mujejärvi	1101	12	33	428	28	4	505	4	1	7	1	1	14
4342	Ulvinsalo	1101	25	19	416	17	1	478	5	4	7	2	1	19
2413	Kalajoki	1091	7	0	10	9	0	26	1	0	4	3	0	8
2431	Ylivieska	1091	10	12	13	16	0	51	4	1	2	2	0	9
2433	Haapavesi	1091	11	2	16	3	0	32	2	1	4	1	0	8
3411	Piippola	1091	5	12	24	24	0	65	1	2	3	1	0	7
3413	Pyhäntä	1091	3	43	71	21	0	138	3	3	5	3	0	14
3431	Kajaani	1091	5	45	134	40	0	224	3	2	7	3	0	15
3433	Sotkamo	1091	42	44	237	18	0	341	3	2	5	2	0	12
4411	Katerma	1091	31	25	190	14	0	260	4	6	8	1	0	19
4413	Kuhmo	1091	39	25	202	8	0	274	7	4	6	1	0	18
4431	Kotajärvi	1091	93	13	180	56	0	342	4	3	7	2	0	16
2432	Pyhäjoki	1080	13	0	49	1	0	63	2	0	3	1	0	6
2434	Vihanti	1080	2	0	9	2	0	14	2	0	1	1	0	5
3412	Rantsila	1080	16	5	12	4	0	37	3	1	5	2	0	11
3414	Kestilä	1080	4	24	103	14	0	145	2	3	4	2	0	11
3432	Oulujärvi	1080	8	21	89	43	0	161	3	2	4	5	0	14
3434	Ristijärvi	1080	46	26	93	57	0	222	4	2	5	3	0	14
4412	Hirsijärvi	1080	77	17	80	29	0	203	6	1	6	2	0	15
4414	Lentiira	1080	75	36	92	2	0	205	4	4	7	1	0	16
2441	Raahe	1069	6	0	22	0	0	28	2	0	2	0	0	4
2443	Ruukki	1069	5	0	52	0	1	58	2	0	3	0	1	6
3421	Tyrnävä	1069	20	13	36	0	1	70	3	1	3	0	1	8
3423	Utajärvi	1069	32	6	16	9	0	63	3	2	4	2	0	11
3441	Puokiov.	1069	54	1	78	37	0	170	4	1	4	3	0	12
3443	Paljakka	1069	63	5	37	24	0	129	5	2	5	3	0	15
4421	Hyrnsalmi	1069	53	28	45	3	0	129	4	1	6	2	0	13
4423	Alavuokki	1069	98	11	99	0	0	208	5	2	7	0	0	14
2444	Oulu	1059	32	0	35	0	1	68	3	0	1	0	1	5
3422	Ylikiim.	1059	62	13	99	4	0	178	3	1	1	1	0	6
3424	Sanginkylä	1059	87	7	119	17	2	232	3	2	3	1	1	10
3442	Puolanka	1059	40	7	45	17	0	109	4	2	5	4	0	15
3444	Joukokylä	1059	88	4	43	25	0	160	3	2	6	2	0	13
4422	Suomuss.	1059	26	13	67	8	0	114	3	1	6	3	0	13
4424	Kianta	1059	3	19	44	0	0	66	2	2	7	0	0	11
2533	Haukipudas	1048	45	0	2	1	0	48	5	0	2	1	0	8
3511	Kiiminki	1048	44	7	98	0	8	157	3	1	2	0	1	7
3513	Kipinä	1048	5	25	86	0	10	126	4	1	2	0	1	8
3531	Jonku	1048	20	4	125	7	7	163	3	3	6	1	1	14
3533	Siikavaara	1048	16	5	39	10	1	71	5	2	5	3	1	16
4511	Piispaj.	1048	86	4	94	22	0	206	4	3	6	2	0	15
4513	Anttila	1048	12	21	242	2	0	277	1	3	6	1	0	11
2534	Kuivaniemi	1037	15	0	2	2	8	27	3	0	2	2	1	8
3512	Yli-Ii	1037	11	21	6	1	10	49	3	1	3	1	1	9
3514	Pudasjärvi	1037	6	60	137	0	3	206	2	2	2	0	1	7
3532	Iinattij.	1037	26	21	246	13	6	312	2	3	5	1	1	12
3534	Taivalk.	1037	8	15	86	7	2	118	3	4	6	1	1	15
4512	Jokijärvi	1037	13	5	66	4	3	91	3	2	5	2	1	13
4514	Hossa	1037	13	10	109	2	2	136	4	2	4	1	1	12
2541	Kemi	1027	17	0	1	1	6	25	4	0	1	1	1	7
2543	Simo	1027	4	0	5	3	5	17	1	0	4	1	3	9
3521	Oijärvi	1027	7	1	3	1	3	15	1	1	2	1	1	6
3523	Haarahilt.	1027	31	8	3	0	2	44	3	1	2	0	1	7
3541	Rytinki	1027	39	10	220	0	2	271	3	2	4	0	1	10
3543	Loukusa	1027	5	11	149	0	0	165	2	3	5	0	0	10
4521	Kuolio	1027	23	6	125	0	0	154	4	3	6	0	0	13
4523	Poussu	1027	21	7	228	2	1	259	4	5	5	1	1	16
2542	Karunki	1016	4	9	47	6	2	68	1	1	2	2	1	7
2544	Runkaus	1016	1	0	71	6	14	92	1	0	2	1	1	5

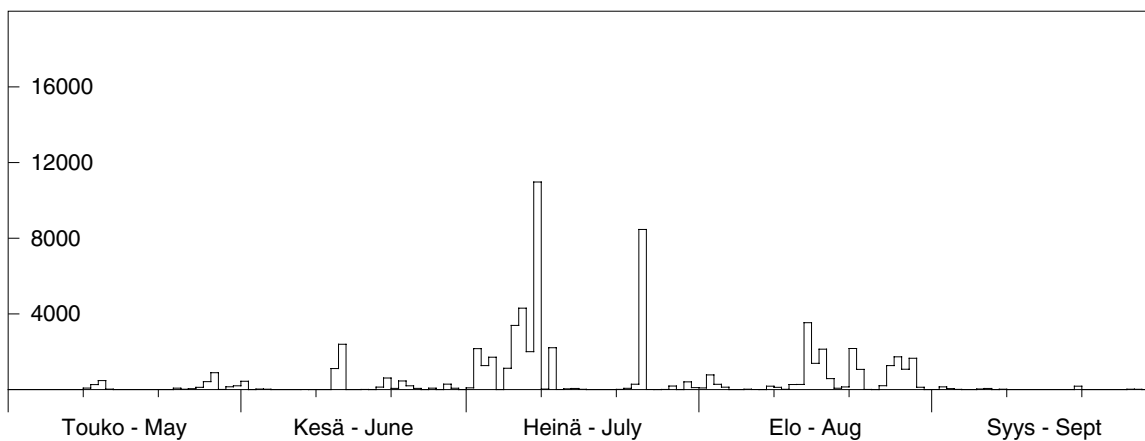
3522	Rov.aho	1016	14	1	77	4	3	99	2	1	5	2	2	12
3524	Ranua	1016	5	1	40	9	0	55	3	1	4	2	0	10
3542	Simojärvi	1016	13	0	50	1	0	64	3	0	3	1	0	7
3544	Posio	1016	4	10	85	0	0	99	2	3	6	0	0	11
4522	Vasaraperä	1016	5	5	114	0	0	124	1	4	5	0	0	10
4524	Kuusamo	1016	21	10	157	0	0	188	2	1	5	0	0	8
2613	Ylitornio	1005	0	1	15	1	1	18	0	1	2	1	1	5
2631	Törmäs.	1005	0	0	2	17	0	19	0	0	2	1	0	3
2633	Murola	1005	2	0	21	1	13	37	1	0	2	1	3	7
3611	Inginkiv.	1005	1	0	18	4	4	27	1	0	3	1	1	6
3613	Vanttausk.	1005	5	0	11	4	5	25	1	0	5	1	1	8
3631	Pirttik.	1005	0	1	13	0	1	15	0	1	5	0	1	7
3633	Perä-Posio	1005	7	3	26	9	0	45	1	3	7	1	0	12
4611	Kitka	1005	9	2	119	1	0	131	1	2	7	1	0	11
4613	Ruka	1005	5	8	205	1	0	219	2	2	6	1	0	11
2614	Turtola	994	0	1	19	7	2	29	0	1	2	3	1	7
2632	Meltosj.	994	0	0	23	4	0	27	0	0	3	1	0	4
2634	Sinettä	994	2	0	21	28	9	60	1	0	5	3	1	10
3612	Rovaniemi	994	0	1	11	3	25	40	0	1	3	3	2	9
3614	Misi	994	2	1	1	1	1	6	2	1	1	1	1	6
3632	Luusua	994	1	7	19	0	2	29	1	1	2	0	1	5
3634	Karhujärvi	994	1	1	23	2	2	29	1	1	3	2	1	8
4612	Aholanv.	994	2	0	63	20	0	85	1	0	5	2	0	8
2623	(Pello)	983	4	4	11	8	0	27	2	2	2	2	0	8
2641	Pello	983	1	0	11	13	0	25	1	0	4	2	0	7
2643	Meltaus	983	0	0	19	11	2	32	0	0	5	2	1	8
3621	Perunkaj.	983	0	1	27	10	7	45	0	1	4	2	1	8
3623	Nampa	983	0	3	19	22	7	51	0	2	2	3	2	9
3641	Kemijärvi	983	0	1	5	4	0	10	0	1	2	1	0	4
3643	Kursu	983	0	9	8	0	1	18	0	3	4	0	1	8
4621	Salla	983	0	3	22	3	4	32	0	2	5	1	2	10
2624	Sieppij.	973	0	19	27	16	0	62	0	2	4	6	0	12
2642	Pasmajärvi	973	0	7	15	16	1	39	0	2	4	4	1	11
2644	Lohiniva	973	0	2	40	6	0	48	0	1	4	2	0	7
3622	Unari	973	0	1	13	17	1	32	0	1	3	2	1	7
3624	Luosto	973	0	1	6	8	0	15	0	1	3	1	0	5
3642	Pelkosenn.	973	0	0	23	8	0	31	0	0	4	1	0	5
3644	Ahvenselkä	973	0	3	24	10	0	37	0	2	6	2	0	10
4622	Saija	973	1	5	61	2	0	69	1	2	5	1	0	9
2713	Kolari	962	0	5	44	46	0	95	0	3	3	4	0	10
2731	Kurtakko	962	0	4	24	17	0	45	0	1	4	5	0	10
2733	Kaukonen	962	0	1	12	0	0	13	0	1	5	0	0	6
3711	Syväjärvi	962	0	0	16	8	0	24	0	0	5	1	0	6
3713	Sodankylä	962	0	1	22	6	0	29	0	1	3	3	0	7
3731	Kelujärvi	962	1	0	31	7	0	39	1	0	6	1	0	8
3733	Savukoski	962	0	0	111	25	0	136	0	0	5	3	0	8
4711	Maltiot.	962	1	4	121	11	0	137	1	2	4	2	0	9
4713	Sorsat.	962	0	12	158	5	0	175	0	5	5	2	0	12
2714	Kihlanki	951	0	7	57	67	0	131	0	3	4	4	0	11
2732	Ylläs	951	0	8	15	16	0	39	0	2	5	4	0	11
2734	Kittilä	951	0	15	16	5	0	36	0	2	3	2	0	7
3712	Tepsa	951	0	5	13	13	0	31	0	1	4	2	0	7
3714	Petkula	951	0	14	14	16	0	44	0	2	5	2	0	9
3732	Tanhua	951	0	14	31	42	0	87	0	1	7	1	0	9
3734	Seitajärvi	951	0	7	69	14	0	90	0	2	5	2	0	9
4712	Ruuvaoja	951	0	2	69	25	0	96	0	2	7	3	0	12
4714	Värriöt.	951	2	7	34	1	0	44	1	4	6	1	0	12
2723	Muonio	940	0	34	62	33	0	129	0	2	3	3	0	8
2741	Keimiöt.	940	0	83	27	17	0	127	0	3	4	3	0	10
2743	Kiistala	940	0	28	13	20	0	61	0	3	6	3	0	12

3721	Pomokaira	940	0	25	27	36	0	88	0	2	6	4	0	12
3723	Pomovaara	940	0	13	15	16	0	44	0	3	5	2	0	10
3741	Lokka	940	0	18	44	19	5	86	0	1	6	2	1	10
3743	Alaponku	940	0	32	68	18	7	125	0	2	7	2	1	12
4721	Naltiot.	940	1	20	49	17	0	87	1	2	6	2	0	11
4723	Nuorttit.	940	0	26	25	0	0	51	0	3	7	0	0	10
2724	Ounast.	929	0	17	56	11	0	84	0	2	3	2	0	7
2742	Raattama	929	0	44	49	38	0	131	0	3	4	3	0	10
2744	Pulju	929	0	116	33	36	0	185	0	2	4	4	0	10
3722	Pokka	929	0	70	12	31	0	113	0	2	3	3	0	8
3724	Porttip.	929	0	34	26	29	1	90	0	3	6	3	1	13
3742	Vuotso	929	0	18	23	11	2	54	0	3	4	2	1	10
3744	Sokosti	929	0	19	40	3	0	62	0	3	5	2	0	10
4722	Talkkunap.	929	0	10	41	23	0	74	0	3	4	1	0	8
1833	(Karesuv.)	918	0	5	39	23	0	67	0	3	2	3	0	8
1811	Kaaresuv.	918	0	1	11	24	0	36	0	1	2	2	0	5
2813	Enontekiö	918	0	20	37	11	0	68	0	2	3	3	0	8
2831	Peltovuoma	918	0	23	41	32	0	96	0	2	3	3	0	8
2833	Korsat.	918	0	37	62	36	0	135	0	2	5	2	0	9
3811	Jänispää	918	0	35	62	77	0	174	0	2	4	3	0	9
3813	Kuttura	918	0	80	69	49	0	198	0	2	6	2	0	10
3831	Saariselkä	918	0	33	53	11	0	97	0	2	6	3	0	11
3833	Raja-Joos.	918	0	36	48	49	0	133	0	4	4	2	0	10
1832	Ropi	907	0	0	53	22	0	75	0	0	2	3	0	5
1834	Tarju	907	0	5	28	23	0	56	0	2	3	3	0	8
2812	Urtivaara	907	0	0	10	39	0	49	0	0	2	2	0	4
2814	Jierstiv.	907	0	14	4	27	0	45	0	2	1	2	0	5
2832	Porrast.	907	0	62	18	13	0	93	0	2	3	3	0	8
2834	Kietsimä	907	0	132	20	30	0	182	0	2	4	4	0	10
3812	Lemmenjoki	907	0	124	56	62	0	242	0	3	5	4	0	12
3814	Menesjärvi	907	0	94	62	56	0	212	0	2	3	3	0	8
3832	Ivalo	907	0	50	83	11	0	144	0	2	4	2	0	8
3834	Sarmijärvi	907	0	22	41	20	0	83	0	3	6	2	0	11
1841	Kilpisj.	896	0	0	14	8	0	22	0	0	1	3	0	4
1843	Tsaibma	896	0	0	46	20	0	66	0	0	3	3	0	6
2821	Kautokeino	896	0	0	20	8	0	28	0	0	3	3	0	6
2823	Lavvuoaivi	896	0	0	34	34	0	68	0	0	3	4	0	7
2841		896	0	2	19	24	0	45	0	2	2	3	0	7
2843	Galmat	896	0	14	21	27	0	62	0	2	4	4	0	10



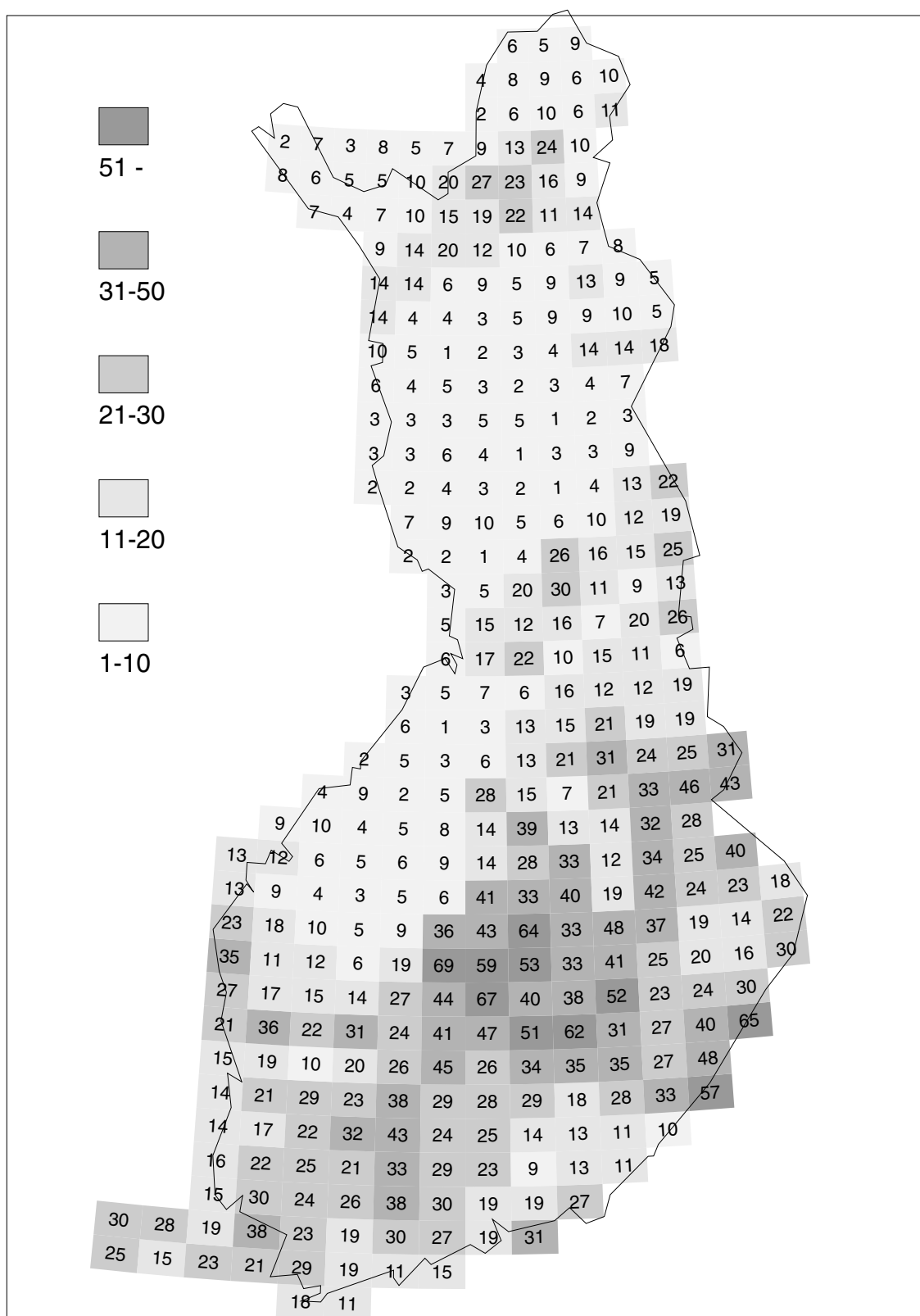
Kuva 5. Taulukosta 1 korjatut ukkospäiväluvut 2006.

*Fig. 5. Thunder day numbers corrected from Table 1 in 2006.*



Kuva 6. Vuorokautiset paikannettujen salamoiden määrät Suomessa (kuvan 5 kartalla) 2006.

*Fig. 6. Daily numbers of located flashes in Finland (the area shown in Fig. 5) in 2006.*



Kuva 7. Paikannetut salamat/100 km<sup>2</sup> v. 2006. Kartan alueella paikannettiin 68 320 salamaa.

Fig. 7. Located flashes per 100 km<sup>2</sup> in 2006. The total number of located flashes on the map is 68,320.

kokonaismääriin. Ne ovat siis mukana kuvissa 5 ja 7, mutta eivät kuvassa 6.

Taulukosta 1 lasketut koko kauden salamatiheydet (100 km<sup>2</sup> kohti) esitetään kuvassa 7. Päivittaiset paikannetut koko maan salamamäärät näkyvät kuvassa 6. Kuvassa 7 ovat lukumäärät pohjoisimmissakin ruuduissa luotettavia pohjoismaisten lisäanturien ansiosta.

Hyvän herkkyyden ja suuren anturimäärän takia laitteisto paikantaa joskus olemattomia salamoita. Ne ovat yleensä vain kahden tai kolmen anturin havaitsemia. Useampi paikannettu salama samalla alueella merkitsee todellista ukonilmaa, jollaisesta ei mahdollisia harhoja voi erotella. Vain yksittäisiä paikannettuja salamoita, varsinkin epätodennäköisessä säätilanteessa, on tarkistettu tutkatiedon avulla. Harhoiksi todetutkin on kuitenkin säilytetty tiedostoissa, koska vaikutus ainakin salamatiheyteen on vähäinen (ks. kuitenkin liite 1). Vuonna 2006 on kuitenkin harhapaikannukset vältetty jokseenkin kokonaan tiukennettujen asetusten avulla.

Talven muutaman epävarman paikannuksen jälkeen vuoden 2006 ensimmäinen selvä ukonilma esiintyi 19.4. lähinnä Hämeessä vajaan 60 salaman voimalla; se liittyi räntäsateeseen. Yhtenäisempi ukkoskausi alkoi 11.5. Toukokuun (kuva 1) salamamäärä 2600 on kolmasosa keskiarvosta. Kesäkuun (kuva 2) salamamäärä 6000 jää kuudesosaan keskiarvosta. Heinäkuussa (kuva 3) ukkosti alkukolmanneksella sekä 24. päivänä ja salamamäärä 39 000 on kolme neljäsosaa keskiarvosta. Elokuun (kuva 4) salamamäärä 19 300 on puolestaan 2/3 keskiarvosta. Syyskuun (kuva 1) salamamäärä jäi mitättömäksi, vähän yli 500:aan. Vuoden kokonaismäärä 67 400 salamaa on noin puolet keskiarvosta ja lähes sama kuin vuonna 2005. Ukkospäiväluku (kuva 5) on myös

Thus, they are included in Figs. 5 and 7, but are not presented in Fig. 6.

The flash densities (per 100 km<sup>2</sup>) for the whole season, calculated from Table 1, are shown in Fig. 7. The daily numbers of located flashes in the whole country are seen in Fig. 6. The northernmost numbers in Fig. 7 are reliable because of the additional Nordic sensors.

Because of the high sensitivity and great number of sensors, the system sometimes locates false lightning, generally detected by two or three sensors only. Several flashes in the same area mean a true thunderstorm, from which possible false flashes cannot be distinguished. Only single located flashes, especially in an improbable weather, have been checked against radar data. The found false flashes have, however, been retained in the files because their effect on at least the flash density is negligible (see, however, Appendix 1). In 2006, however, false flashes have been avoided almost totally with tighter rejection criteria.

After a few uncertain locations in winter, the first clear thunderstorm in 2006 occurred on April 19 in the central part with nearly 60 flashes; it was associated with sleet shower. The more regular season began on May 11. The number of flashes in May (Fig. 1), 2600, is one third the average. The number of flashes, 6000, in June (Fig. 2) remains at one sixth the average. In July (Fig. 3), thunderstorms occurred in the first third and on the 24th, and the number of flashes 39,000 is 3/4 of the average. The number of flashes in August (Fig. 4), 19,300, is 2/3 of the average. In September (Fig. 1), the number of flashes remained low, just over 500. The total number of the season, 67,400 flashes, is about half the average and close to year 2005. The thunder day number (Fig. 5)



selvästi alle keskiarvon. Kuvat 5 ja 7 osoittavat, että salamointi oli vähäisintä Pohjanmaalla ja Etelä-Lapissa.

### 3 Kesän 2006 tärkeimmät ukkosjaksot

Seuraavassa kuvaillaan pääpiirteissään ja melko luettelomaisesti runsaimpia ukkospäiviä paikannustulosten perusteella. Todennäköinen säätekijä (rintama tms.) mainitaan monissa tapauksissa. Kuvan 6 kahdentoista tärkeimmän jakson paikannetut salamat on piirretty kartalle kuvissa 8-19 (päiväys on merkitty muodossa kkpp, + on positiivinen salama). Karttojen yhteydessä annetaan koko kartta-alueen salamamäärät, mutta tekstissä lukumäärät tarkoittavat maan rajojen sisällä paikannettuja salamoita. "Salamajono" tarkoittaa tässä kartalle piirtyvää kuviota, jonka muodostavat peräkkäiset ja liikkuvat salamasolut. Yhden solun hetkellinen muoto on pikemminkin pyöreä kuin jonomainen. "Ukkonen" tarkoittaa tässä ukkosien esiintymistä yleensä eikä niinkään yksittäisiä soluja.

Ilmamassaukkosista (jotka eivät siis liity rintamiin) erotetaan tässä kolme lajia: lämpöukkonen, joka syntyy lämpimässä ilmamassassa; polaariukkonen, joka syntyy viileässä ilmamassassa; pintasolaukkonen (tai kuuronauhaukkonen), joka liittyy matalan paineen pintasolaan useimmiten kylmän rintaman etupuolella.

Seuraava tekstiosuus on luettavuuden helpottamiseksi otsikoitu kuukausittain, ja kuukauden päivä lihavoituna (**pp**) aloittaa aina uuden kappaleen.

#### Toukokuu

**11-12** (80 + 270 salamaa). Hajanaisia ukkosia Kainuun-Oulun seudulla.

**23** (150 salamaa). Vähäistä ukkosta lounaisrannikolla ja Porvoon edustalla.

is also well below average. Figs. 5 and 7 show that the activity was lowest on the NW coast and in southern Lapland.

### 3 Main thunderstorm periods in summer 2006

A qualitative and cursory description of the most notable thunderstorms, based on the location data, is given below. The probable weather situation (front etc.) is mentioned in many cases. For the twelve most active periods in Fig. 6, the located flashes are shown in Figs. 8-19 (the date is in the format mmdd; + is a positive flash). Each map gives the number of flashes in the whole map area, but the text refers to the flashes inside the country. Abbreviations C (centre), E (east), etc., refer to parts of the southern half of the country. A "lightning trail" means a stretched cluster of flashes on a map, formed by successive and moving flash cells. The instantaneous shape of a cell is round rather than elongated. "(Thunder)storm" means here thundering activity in general rather than separate cells.

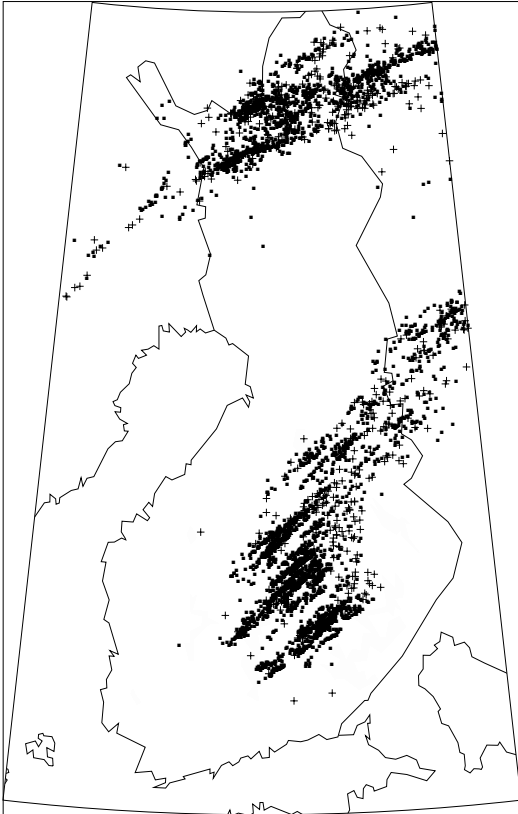
Air-mass thunderstorms (i.e., those not associated with fronts) are divided here into three types: warm-mass storm, developing in warm air mass; polar thunderstorm, developing in cool air mass; surface-trough storm (or squall-line storm), associated with a low-pressure surface front, usually preceding a cold front.

To facilitate reading, the following text part has headings according to the months, and the month's day in boldface (**dd**) starts a new paragraph.

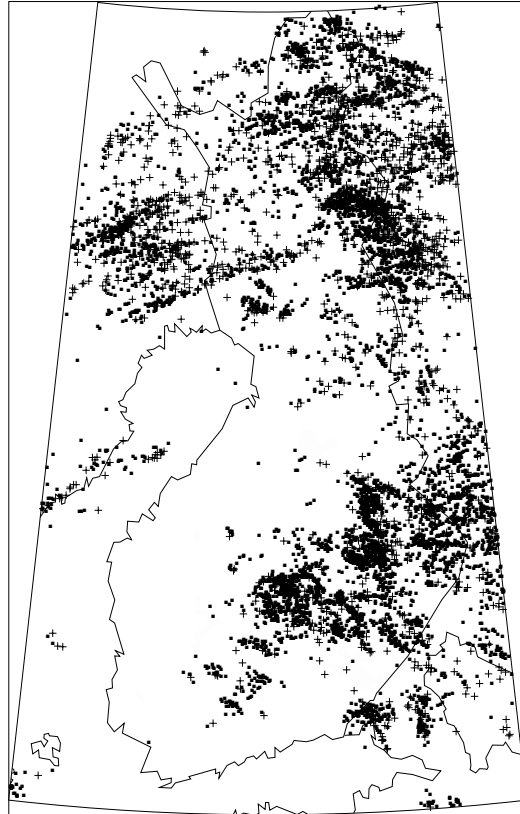
#### May

**11-12** (80 + 270 flashes). Scattered thunderstorms in the N part.

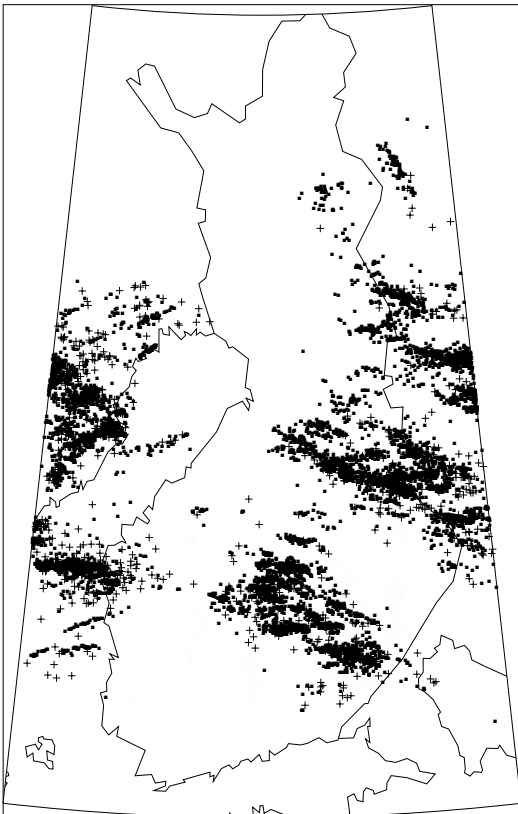
**23** (150 flashes). Modest thundering in SW coast and S coast.



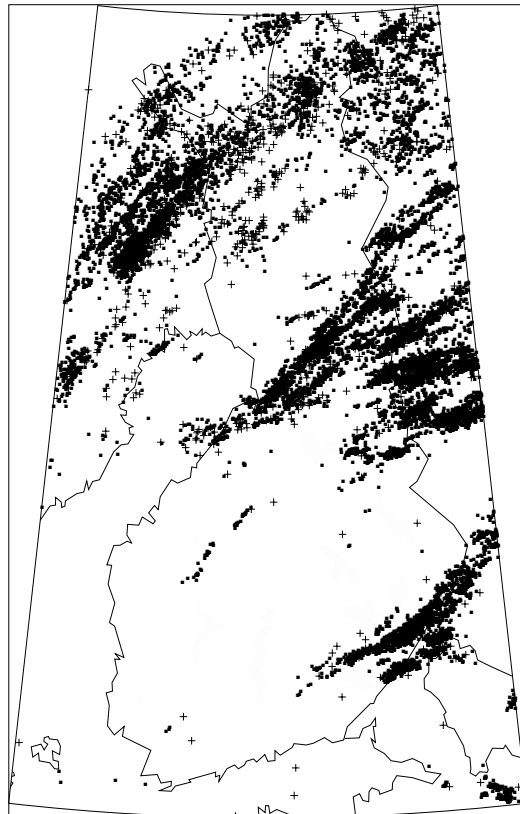
Kuva 8. Päivät 0613 - 0614, 4264 salamaa.  
*Fig. 8. Days 0613 - 0614, 4264 flashes.*



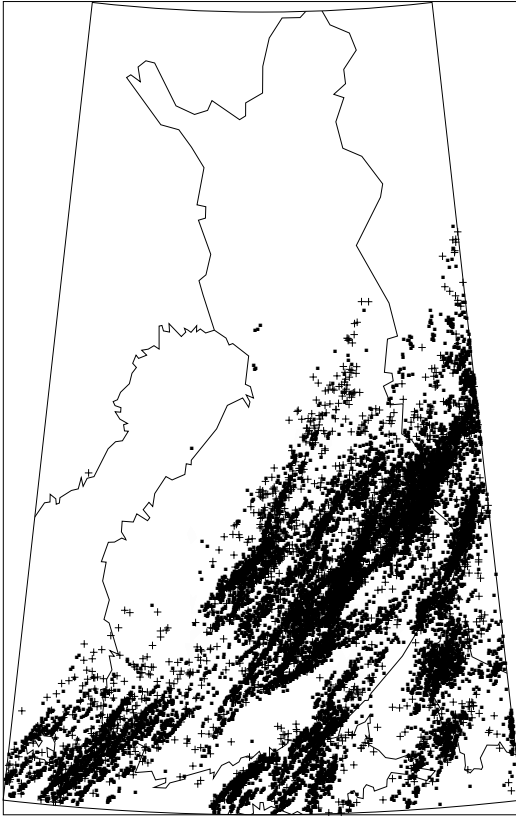
Kuva 9. Päivät 0702 - 0704, 8504 salamaa.  
*Fig. 9. Days 0702 - 0704, 8504 flashes.*



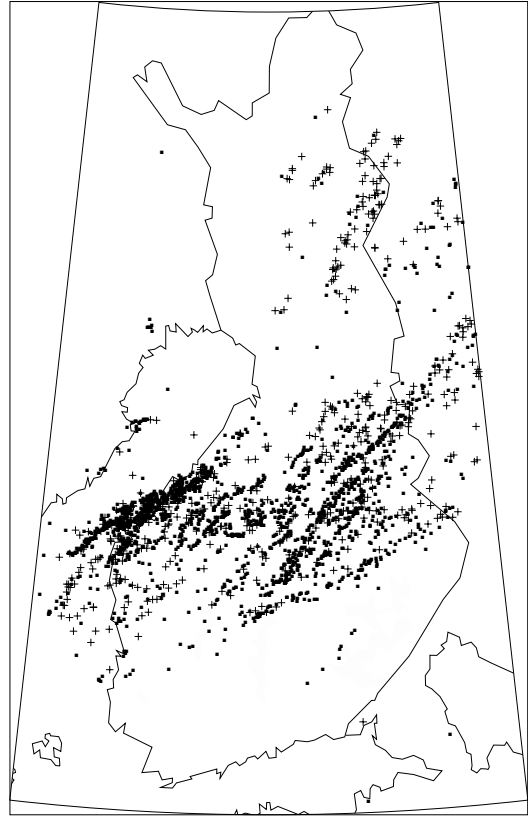
Kuva 10. Päivät 0706 - 0707, 8773 salamaa.  
*Fig. 10. Days 0706 - 0707, 8773 flashes.*



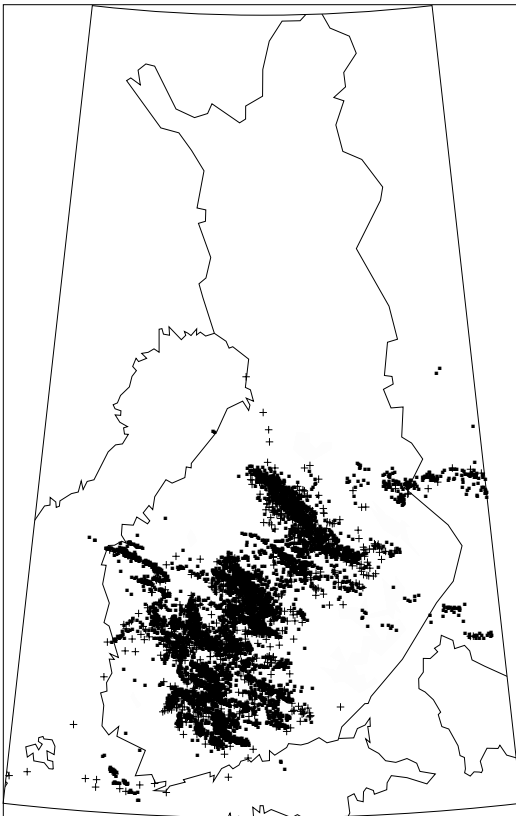
Kuva 11. Päivät 0708 - 0709, 14570 salamaa.  
*Fig. 11. Days 0708 - 0709, 14570 flashes.*



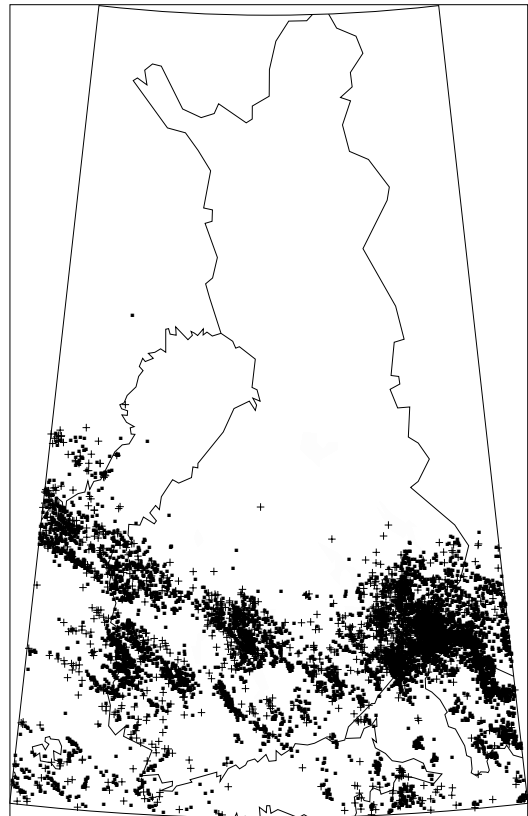
Kuva 12. Päivä 0710, 16767 salamaa.  
Fig. 12. Day 0710, 16767 flashes.



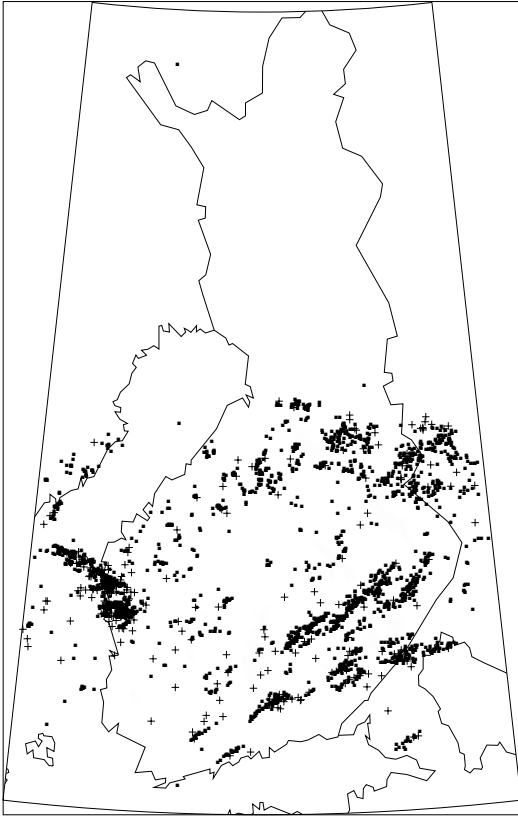
Kuva 13. Päivä 0712, 2567 salamaa.  
Fig. 13. Day 0712, 2567 flashes.



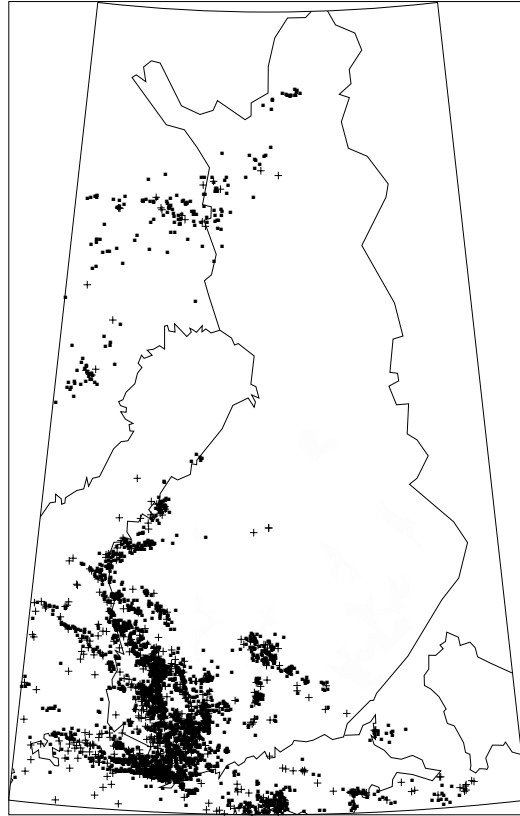
Kuva 14. Päivä 0724, 8641 salamaa.  
Fig. 14. Day 0724, 8641 flashes.



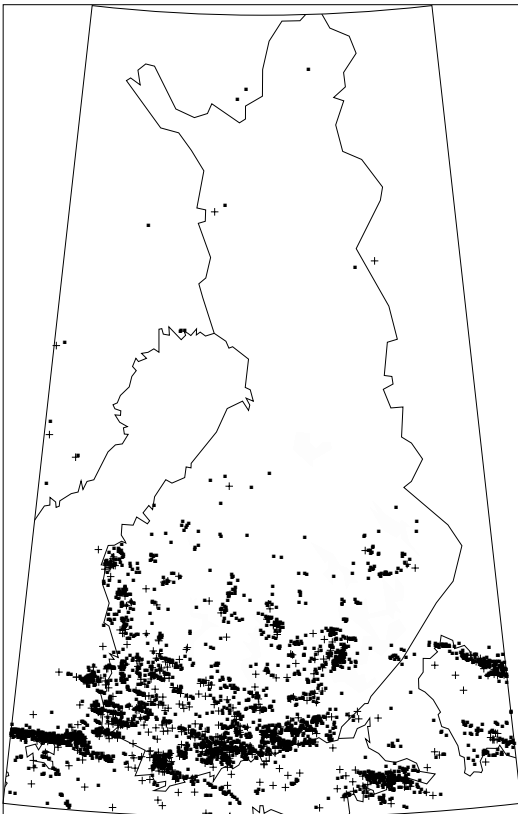
Kuva 15. Päivät 0815 - 0816, 8604 salamaa.  
Fig. 15. Days 0815 - 0816, 8604 flashes.



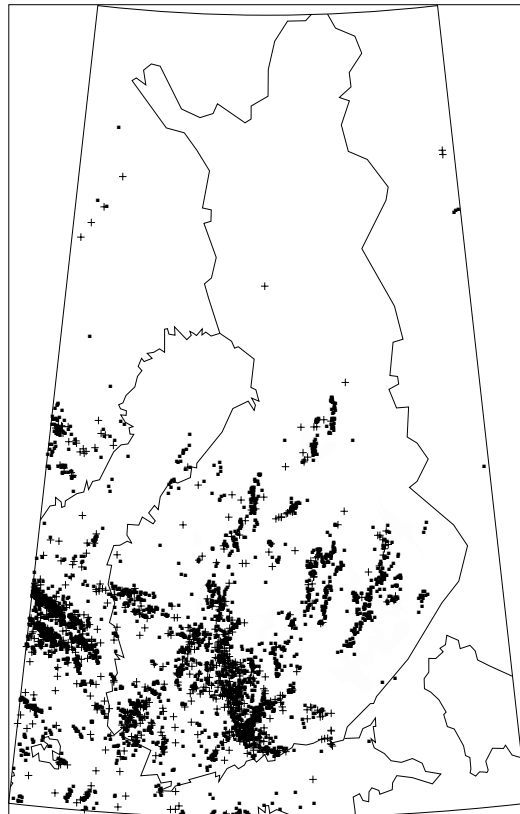
Kuva 16. Päivä 0817, 2677 salamaa.  
*Fig. 16. Day 0817, 2677 flashes.*



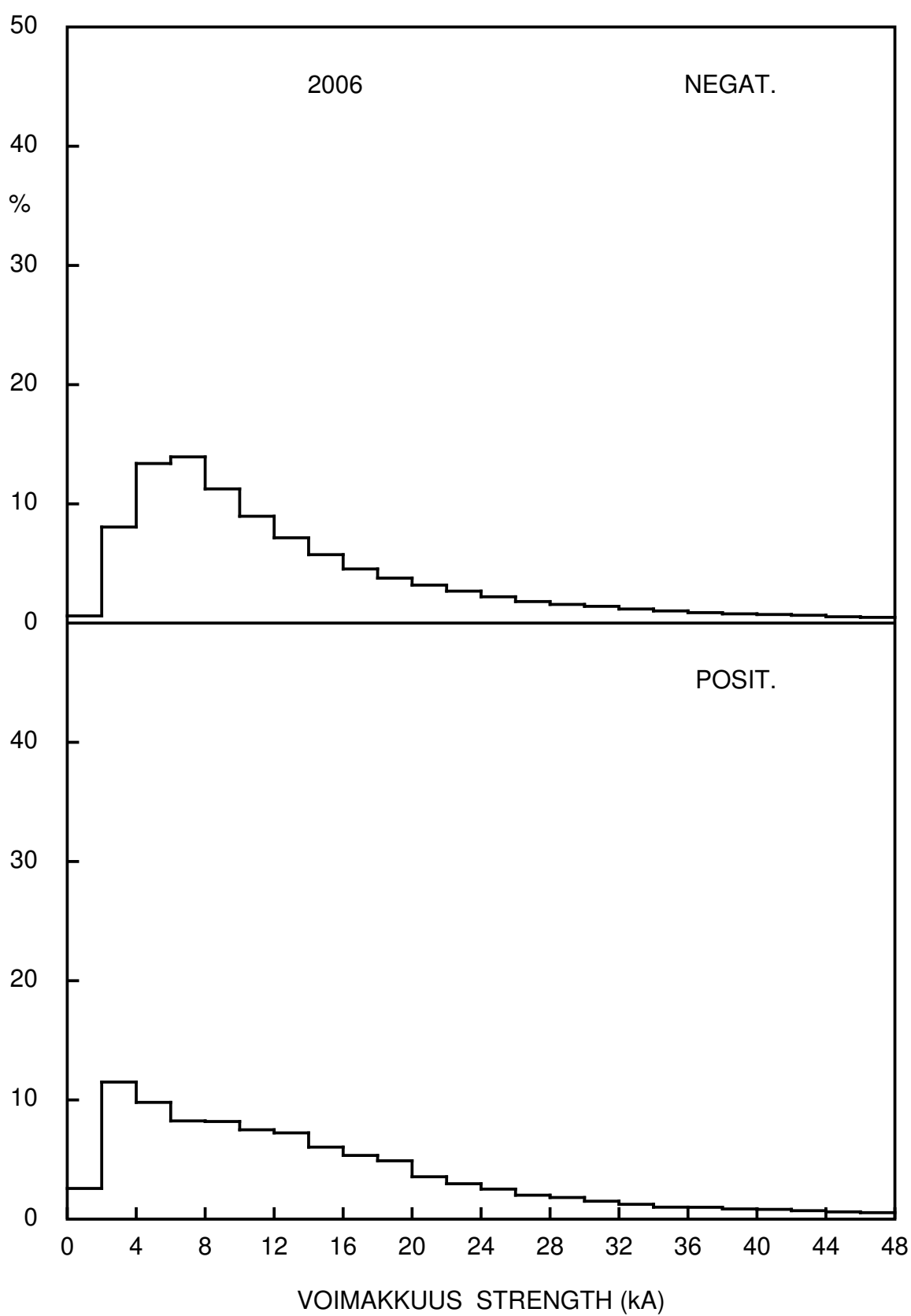
Kuva 17. Päivät 0821 - 0822, 3803 salamaa.  
*Fig. 17. Days 0821 - 0822, 3803 flashes.*



Kuva 18. Päivät 0825 - 0827, 4090 salamaa.  
*Fig. 18. Days 0825 - 0827, 4090 flashes.*



Kuva 19. Päivät 0828 - 0829, 4144 salamaa.  
*Fig. 19. Days 0828 - 0829, 4144 flashes.*



Kuva 20. Paikannettujen salamoiden (1. iskujen) voimakkuusjakautuma (kiloampeeria).

Fig. 20. Strength distribution (kiloamperes) of located flashes (first strokes).

**26-28** (120 + 410 + 880 salamaa, kuva 1). Ukkosia Kainuun-Oulun seudulla.

**30-31** (150 + 180 salamaa). Erittäin hajanaisia ukkosia maan keskiosassa.

### Kesäkuu

**01** (440 salamaa). Etelä-pohjoissuuntainen salamajono maan keskiosassa.

**13** (1130 salamaa, kuva 8). Kohtalaista ukkosta Pohjois-Lapissa.

**14** (2400 salamaa, kuva 8). Useita salamajonoja maan keskiosasta koilliseen.

**19** (120 salamaa). Hajanaisia ukkosia maan itäosassa.

**20** (540 salamaa). Ukkosia Pohjois-Lapissa.

**22-23** (450 + 190 salamaa). Ukkosia lähinnä Itä-Suomessa.

**28** (280 salamaa). Ukkosalueet maan keski- ja itäosassa.

### Heinäkuu

**02** (2100 salamaa, kuva 9). Kohtalaista ukkosta maan keski- ja itäosassa sekä jonkin verran Lapissa.

**03** (1280 salamaa, kuva 9). Kohtalaista ukkosta koko Lapissa.

**04** (1730 salamaa, kuva 9). Lapin ukkonen jatkuu, myöhemmin ukkostaa maan keski- ja itäosassa.

**06** (1040 salamaa, kuva 10). Aamuyöllä ukkosta Pohjanlahdella, myöhemmin keski- ja itäosassa.

**07** (3330 salamaa, kuva 10). Keski- ja itäosassa uudelleen ukkosia.

**08** (4200 salamaa, kuva 11). Kohtalaisia ukkosia Oulun-Kainuun seudulla sekä Pohjois-Lapissa.

**09** (1700 salamaa, kuva 11). Tiiviitä salamajonoja kaakkoisrajalla.

**10** (10 900 salamaa, kuva 12). Voimakkaita ukkosjonoja lounaasta koilliseen maan eteläpuoliskon yli. Kesän runsain päivä.

**12** (2100 salamaa, kuva 13). Kohtalaista ukkosta maan keskiosassa.

**23** (300 salamaa). Hieman ukkosta Etelä-Lapissa ja Perämerellä.

**24** (8400 salamaa, kuva 14). Rajua ilmamassaukkosta Hämeessä ja maan

**26-28** (120 + 410 + 880 flashes, Fig. 1). Thunderstorms in N part again.

**30-31** (150 + 180 flashes,). Very scattered thunderstorms in the central part.

### June

**01** (440 flashes). South-north lightning trail in central part.

**13** (1130 flashes, Fig. 8). Moderate thunderstorm in northern Lapland.

**14** (2400 flashes, Fig. 8). Several flash trails from central part to north-east.

**19** (120 flashes). Scattered thunderstorms in the eastern part.

**20** (540 flashes). Thunderstorms in northern Lapland

**22-23** (450 + 190 flashes). Thunderstorms mainly in the east.

**28** (280 flashes). Thunderstorm regions in central and eastern parts.

### July

**02** (2100 flashes, Fig. 9). Moderate thunderstorm in C and E parts and some also in Lapland.

**03** (1280 flashes, Fig. 9). Moderate thunderstorm in whole Lapland.

**04** (1730 flashes, kuva 9). Thunderstorm in Lapland continues, later activity in C and E parts.

**06** (1040 flashes, Fig. 10). In early morning storms on W sea, later in C and E parts.

**07** (3330 flashes, Fig. 10). Thunderstorms again in C and E parts.

**08** (4200 flashes, Fig. 11). Moderate thunderstorms in N part and northern Lapland.

**09** (1700 flashes, Fig. 11). Dense lightning trails at SE border.

**10** (10 900 flashes, Fig. 12). Strong thunderstorm trails from SW to NE over the southern half of the country. The most active day of the season

**12** (2100 flashes, Fig. 13). Moderate thunderstorm in C part.

**23** (300 flashes). Some thunderstorms in S Lapland and nearby sea.

**24** (8400 flashes, Fig. 14). Violent air-mass storms in the central part.

keskiosassa.

**28** (100 salamaa). Voimakas ukkonen Itämerellä ulottui lounaissaaristoon.

**30** (410 salamaa). Paikallinen melko tiheä ukkonen Turussa.

### **Elokuu**

**02** (790 salamaa). Ukkosta Pohjois-Lapissa.

**03** (280 salamaa). Ukkosta Keski-Lapissa sekä paikallisesti Turussa.

**10** (180 salamaa). Hajanaista salamointia maan keskiosassa.

**11** (110 salamaa). Paikallista ukkosta Ahvenanmaalla.

**13-14** (240 + 280 salamaa). Hiukan ukkosta Pohjois-Lapissa sekä 14. päivänä lounaissaaristossa.

**15-16** (3360 + 1250 salamaa, kuva 15). Kylmän rintaman ukkosia maan eteläosassa, tihein keskittymä yöllä kaakkoisrajalla.

**17** (2000 salamaa, kuva 16). Ukkosia eri puolilla maan eteläpuoliskossa.

**18** (580 salamaa). Salamointia pääasiassa Satakunnassa ja etelärannikolla.

**21-22** (2200 + 900 salamaa, kuva 17). Runsasta salamointia länsi- ja lounaisrannikolla.

**25-27** (210 + 1270 + 1680 salamaa, kuva 18). Hajanaista salamointia maan eteläosassa, voimakkaampaa rannikolla ja 27. päivänä myös merellä.

**28-29** (1080 + 1660 salamaa, kuva 19). Edellisen kaltainen tilanne toistuu.

### **Syyskuu**

**02-03** (140 + 40 salamaa). Voimakas ukkonen Pohjanlahdella, hajanaista salamointia maalla.

**20** (170 salamaa). Hajanaista ukkosta Etelä-Lapissa.

### **Lokakuu**

**01** (400 salamaa, kuva 1). Voimakas ukkonen Suomenlahdella, osittain myös etelärannikolla.

**04** (130 salamaa). Lounaisella merialueella ukkosta, vähän myös maalla.

**28** (100 flashes). A violent storm on the Baltic Sea extended to the SW islands.

**30** (410 flashes). Local relatively dense lightning in Turku.

### **August**

**02** (790 flashes). Thunderstorms in northern Lapland.

**03** (280 flashes). Thunderstorms in C Lapland and locally in Turku.

**10** (180 flashes). Scattered lightning in the central part.

**11** (110 flashes). Local thunderstorm in Ahvenanmaa island.

**13-14** (240 + 280 flashes). Some thunderstorms in northern Lapland and on the 14th in the SW archipelago..

**15-16** (3360 + 1250 flashes, Fig. 15). Cold-front storms in the southern part, densest lightning at midnight at the SE border.

**17** (2000 flashes, Fig. 16). Thunderstorms over the southern half.

**18** (580 flashes). Lightning mostly on the E and S coasts.

**21-22** (2200 + 900 flashes, Fig. 17). Abundant lightning on the W and SW coast.

**25-27** (210 + 1270 + 1680 flashes, Fig. 18). Scattered flashes in the southern part, more intensive on the coasts, and on the 27th on the sea also.

**28-29** (1080 + 1660 flashes, Fig. 19). A similar situation repeats.

### **September**

**02-03** (140 + 40 flashes). Violent thunderstorm on the W sea, scattered lightning over the land.

**20** (170 flashes). Scattered thunderstorms in S Lapland.

### **October**

**01** (400 flashes, Fig. 1). Violent thunderstorm on the S sea, partly also on the S coast.

**04** (130 flashes). Thunderstorms on the SW sea, a little also over land.

#### 4 Salamoiden kerrannaisuudet ja voimakkuudet

Koska paikannin havaitsee salaman osaiskut erikseen, se käsittelee kokonaista salamaa toissijaisena suurena, joka saadaan ryhmittelemällä iskuja tiettyjen ehtojen puitteissa. Paikannusvirheiden takia samaan pisteeseen maassa osuvat iskut paikantuvat hieman eri kohtiin, mutta tämän lisäksi saman salaman eri iskut haarukoituvat usein ja voivat osua jopa kilometrien päähän toisistaan. Paikantimessa on etäisyysrajaksi asetettu 10 km. Paikkaeron lisäksi tärkeä on aikaero: peräkkäisille iskuille oletetaan enintään 0,5 sekuntia. Haarukoitumista on käsitelty aikaisemmassa vuosikirjassa (TUOMI, 1999).

Maasalamat ovat napaisuudeltaan negatiivisia tai positiivisia riippuen siitä, kumman merkkisestä pilven varausalueesta ne tuovat varausta. Negatiivinen päävaraus on pilven keskellä syntyvissä (lumi)rakeissa ja positiivinen pilven huipussa pienissä jääkiteissä. Jonkin verran positiivista varausta on myös aivan pilven alaosassa. Erinapaisten salamoiden purkauskmekanismi on hieman erilainen, ja niinpä negatiivinen on usein moni-iskuinen kun taas positiivinen salama on useimmiten vain yksi-iskuinen. Osaiskujen lukumäärää salamassa sanotaan kerrannaisuudeksi. Salamoiissa esiintyy toisinaan kummankin merkkisiä osaiskuja, jolloin napaisuuden määrää ensimmäinen osaisku.

Negatiivisten salamoiden kerrannaisuusjakautuma sisältää yleensä noin puolet yksinkertaisia eli yksi-iskuisia salamoita, kaksinkertaisia on neljäsosa jne. Vuonna 2006 oli yksi-iskuisia 55 % ja yli 10-kertaisia 0,1 %. Positiivisista salamoista 90 % oli yksinkertaisia.

Positiivisia salamoita havaittiin Suomen alueella 14 %; salamoiden keskimääräiset kerrannaisuudet olivat 1,9 (negat.) ja

#### 4 Flash multiplicities and strengths

Because the location system detects the strokes separately, it treats a whole flash as a secondary quantity, which is obtained by grouping strokes under certain conditions. Due to location errors, strokes to the same point at the ground are located at slightly different points, but different strokes of a flash can also undergo forking and hit at points separated by several kilometres. In the location system, 10 km has been set as a limit for a flash. In addition to the strike-point separation, the interstroke interval is important: at most 0.5 s is assumed. Forking has been discussed in an earlier yearbook (TUOMI, 1999).

Ground flashes are negative or positive depending on the polarity of their source region in the cloud. The main negative charge resides on graupel and hail particles in the middle of the cloud, and the main positive charge is carried by small ice crystals at the cloud top. There is also some positive charge near the lower edge of the cloud. The discharge mechanisms of negative and positive lightning are slightly different, and a negative flash is often multiple while a positive flash usually consists of only one stroke. The number of strokes in a flash is called the multiplicity. Sometimes, strokes of both polarities may occur in a flash; then the polarity of the flash refers to that of its first stroke.

In the multiplicity distribution of negative flashes, generally about 50 % are single-stroke, one fourth are two-stroke, etc. In 2006, the single-stroke fraction was 55 %, and multiplicity 10 was exceeded in 0.1 % of the cases. Of positive flashes, 90 % were single.

Within Finland, 14 % of the flashes were positive; the mean multiplicities were 1.9 (negative) and 1.1 (positive). Almost



1,1 (posit.). Lähes joka vuosi esiintyy tapauksia, joissa tiheä salamointi sisältää poikkeuksellisen paljon positiivisia salamoita; vuonna 2006 ei tällaista sattunut (tosin tiukennetut hyväksymisehdot ainakin karsivat niitä, ks. seur.).

Salaman voimakkuutta kuvataan osaiskun (pääsalaman) sähkövirran huippu-arvolla, yksikkönä kiloampeeri (kA). Paikannin laskee sen normittamalla anturien havaitsemat voimakkuudet 540 km etäisyydelle. Anturien herkkyyys ja suuri lukumäärä saavat paikantimen havaitsemaan toisinaan runsaasti heikkoja iskuja, varsinkin positiivisia. Nämä voivat olla ainakin osaksi pilvisalamoita, joiden määrää on vuonna 2006 vähennetty tiukemmilla asetuksilla. Tämän automaattisen korjauksen lisäksi ei toistaiseksi pyritä tekemään muita korjauksia maasalamamääriin, vaikka vertailukelpoisuus edellisiin vuosiin hieman kärsiikin. Kuva 20 osoittaa, että negatiivisten salamoiden voimakkuusjakautuman huippu on 6-7 kA vaiheilla; vuonna 2005 huippu oli 5-6 kA ja saman korkuinen, joten muutos ei ole suuri. Positiivisten huippu on molempina vuosina 2-4 kA, mutta sen korkeus vuonna 2005 oli 18 %, joten jakautuma on tasoittunut heikkojen salamoiden osalta.

Negatiivisten salamoiden (eli ensimmäisten osaiskujen) keskiarvo (mediaani) on  $-15,2$  ( $-10,7$ ) kA ja positiivisten  $18,6$  ( $12,7$ ) kA. Negatiivisten arvot ovat melkein samoja kuin vuonna 2005, positiivisten noin puolitoistakertaisia. Myöhempiä osaiskuja ei enää erikseen tilastoida, mutta niiden voimakkuus negatiivisilla salamoilla on keskimäärin  $2/3$  ensimmäisestä osaiskusta, positiivisilla vain hieman heikompi. Kaikista negatiivisista salamoista 0,2 % ylitti voimakkuudeltaan (itseisarvo) 100 kA, positiivisista 1,1 % (molempien lukumäärä oli runsaat 100).

every year there are cases where dense lightning contains an unusually high number of positive flashes; in 2006, this did not happen (but the tighter discrimination criteria already lowered their number, see below).

The strength of a lightning discharge is described as the peak electric current of the (return) stroke, in units of a kiloampere (kA). The system computes it by normalizing the signal strengths from the sensors at a distance of 540 km. The sensitivity and high number of the sensors make the system detect sometimes a lot of weak strokes, especially positive ones. The latter may at least partly be cloud lightning, whose number has been reduced in 2006 by tighter settings. Apart from this automatic correction, no other corrections are attempted for the ground flash numbers, although the comparability with the previous years is slightly poorer. Fig. 20 shows that the strength distribution of negative flashes has a peak at 6-7 kA; in 2005 the peak was close to it, 5-6 kA, and of similar height, so the change is not large. The positive peak is 2-4 kA for both years, but its height in 2005 was 18 %. Hence the positive distribution has flattened at the weak-strength end.

The mean (median) for the negative flashes (i.e. first strokes) is  $-15.2$  ( $-10.7$ ) kA, and for positive strokes, they are  $18.6$  ( $12.7$ ) kA. The negative values are similar to year 2005, the positive ones being about one and half times as large. Subsequent stroke statistics are made no more, but their strength for negative flashes is  $2/3$  of the first stroke on the average; for positive flashes, only slightly lower. Of all negative flashes, 0.2 % exceeded the strength (absolute value) 100 kA; of the positive strokes, 1.1 % (the number of both was over 100).

Paikantimen havaintotehokkuutta kuvaa, moniko anturi keskimäärin on mukana salaman paikannuksessa. Suomessa ja lähiympäristössä keskilukumäärä vuonna 2006 oli 5,5 anturia. Luku on vähän korkeampi kuin vuonna 2005 (5,1), mikä johtuu heikkojen positiivisten vähenemisestä (ne havaitaan yleensä 2-3 anturilla) eikä siis tarkoita havaintotehokkuuden parantumista.

## 5 Salama- ja iskutiheydet vuosina 1960 – 2006

Aikaisemmassa vuosikirjassa (TUOMI, 2001) esitettiin vuodesta 1960 lähtien kootut salamatiheyksien yhteenvedot 315 000 km<sup>2</sup> pinta-alalle, joka vastaa 5-aseamisen maasalamanpaikantimen havaintoaluetta vuosina 1998-2001. Vuodesta 2002 tehokas havaintoalue on käsittänyt koko maan, jolloin kartta-ruutujen yhteispinta-ala on 377 000 km<sup>2</sup>. Jos vuoden 2006 keskihavaintotehokkuudeksi oletetaan 96 % (mikä on luultavasti liian korkea, mutta pidetään samana kuin aikaisemminkin oletettu), lasketaan salamatiheys (100 km<sup>2</sup> kohti) jakamalla paikannettu salamamäärä luvulla 3619. Salamatiheys, eikä salamoiden kokonaismäärä, säilyttää vertailukelpoisuuden niihin vuosiin, jolloin Lappi oli huonommin katettu.

Vuosien 1960-2006 kuukausittaiset salamatiheydet sekä vuotuiset iskutiheydet ja ukkospäiväluvut ovat taulukossa 2. Vuoden 2006 ukkospäiväluku on kuvan 5 lukujen keskiarvo. Se on selvästi pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella. Osaiskuja ei tilastoida enää.

Kuvassa 21 on salamanpaikantimen tulosten vuosikeskiarvo jaksolta 1998-2006. Ukkospäiväluvut on korjattu kuten kuvassa 5. Vuodesta 2000 lähtien salamatiheydet ovat korjaamattomia, aikaisemmat on kerrottu 1,34:llä. Tarkempi korjaaminen edellyttäisi tietoa

The detection efficiency of the location system is characterized by the average number of sensors detecting a flash. In Finland and its surroundings, the mean in 2006 was 5.5 sensors. The number is slightly larger than in 2005 (5.1), which is due to the decrease of weak positive strokes (they are usually detected by 2-3 sensors), and does not mean improvement of the detection efficiency.

## 5 Flash and stroke densities in 1960 – 2006

In a previous report (TUOMI, 2001) the summaries of flash densities since 1960 were presented for an area of 315,000 km<sup>2</sup>, corresponding to the detection area of the 5-sensor location system in 1998-2001. Since 2002, the high-efficiency area has covered the whole country, for which the total map-square area is 377,000 km<sup>2</sup>. If the mean detection efficiency for 2005 is assumed to be 96 % (which is probably too high, but will be retained the same as assumed previously), the flash density (per 100 km<sup>2</sup>) is calculated by dividing the number of located flashes by 3619. Flash density, calculated for the proper area, rather than the total number of flashes, preserves the comparability with the years when Lapland was worse covered.

The monthly flash densities for 1960-2006, the annual stroke densities and thunder day numbers are given in Table 2. The thunder day number in 2006 is the mean of the numbers in Fig. 5. It is well below the long-term average. Stroke statistics are no more made.

Fig. 21 shows the annual mean of the location results for 1998-2006. The thunder day numbers have been corrected as in Fig. 5. The flash densities since 2000 are uncorrected and the earlier ones have been multiplied by 1.34. A more accurate correction would

havaintotehokkuuden paikkariippuvuudesta ja sen ajallisista muutoksista (vaikutus on pienempi ukkospäiväluvuissa ja maan keskisalamatihydessä). Pohjois-Lapin luvut ovat edelleen liian pieniä (samoin koko maan keskisalamamäärä), koska sieltä on paikannettuja salamoita vain vuodesta 2002 lähtien; kuva 7 antaa sen osalta toistaiseksi paremman käsityksen. Vuorokautiset keskiarvot kuvan 21 alaosassa ovat hyvin vaihtelevia, koska runsaimmat ukkoset osuvat eri vuosina yleensä eri päiville.

Useissa aikaisemmissa Salamahavainnoissa (1999, 2000, 2001, 2003) on tarkasteltu käsitettä "ukkosen voimakkuus". Vaikka rajuilmalla tuhoja aiheuttavat myös rankkasade ja voimakas tuuli, ukkosen kannalta luonteva ja selkeä voimakkuussuure on salamatihyys, jonka yksikkönä tässä käytetään (paikannettuja maa-)salamoita/100 km<sup>2</sup>. Ukkoskautta kuvataan myös ilmoittamalla *poikkeuksellisen voimakkaiden ukkosten määrä*. Tätä varten etsitään suurimmat vuorokautiset salamatihydet. Tässä vuosikirjassa tilastointiin käytetyt noin 1000 km<sup>2</sup>:n kokoiset paikalliskarttaruudut kuitenkin tasoitavat salamoiden huipputiheyksiä liiaksi. Salamasolun kokoa vastaava sopiva karttaruutu on kooltaan 20 km x 20 km. "Ukkonen" tässä mielessä määritellään salamoiden esiintymisenä mainitussa ruudussa vuorokauden aikana (0-24 UTC). Jos tiheys ylittää 80 salamaa/100 km<sup>2</sup>, ukkosta sanotaan poikkeuksellisen voimakkaaksi. Vuodesta 2000 lähtien niitä on esiintynyt seuraavasti:

vuosi	ruutuja	päiviä	suurin tih.
2000	3	1	194
2001	7	2	137
2002	0	0	74
2003	23	4	233
2004	3	1	95
2005	0	0	67
2006	0	0	62

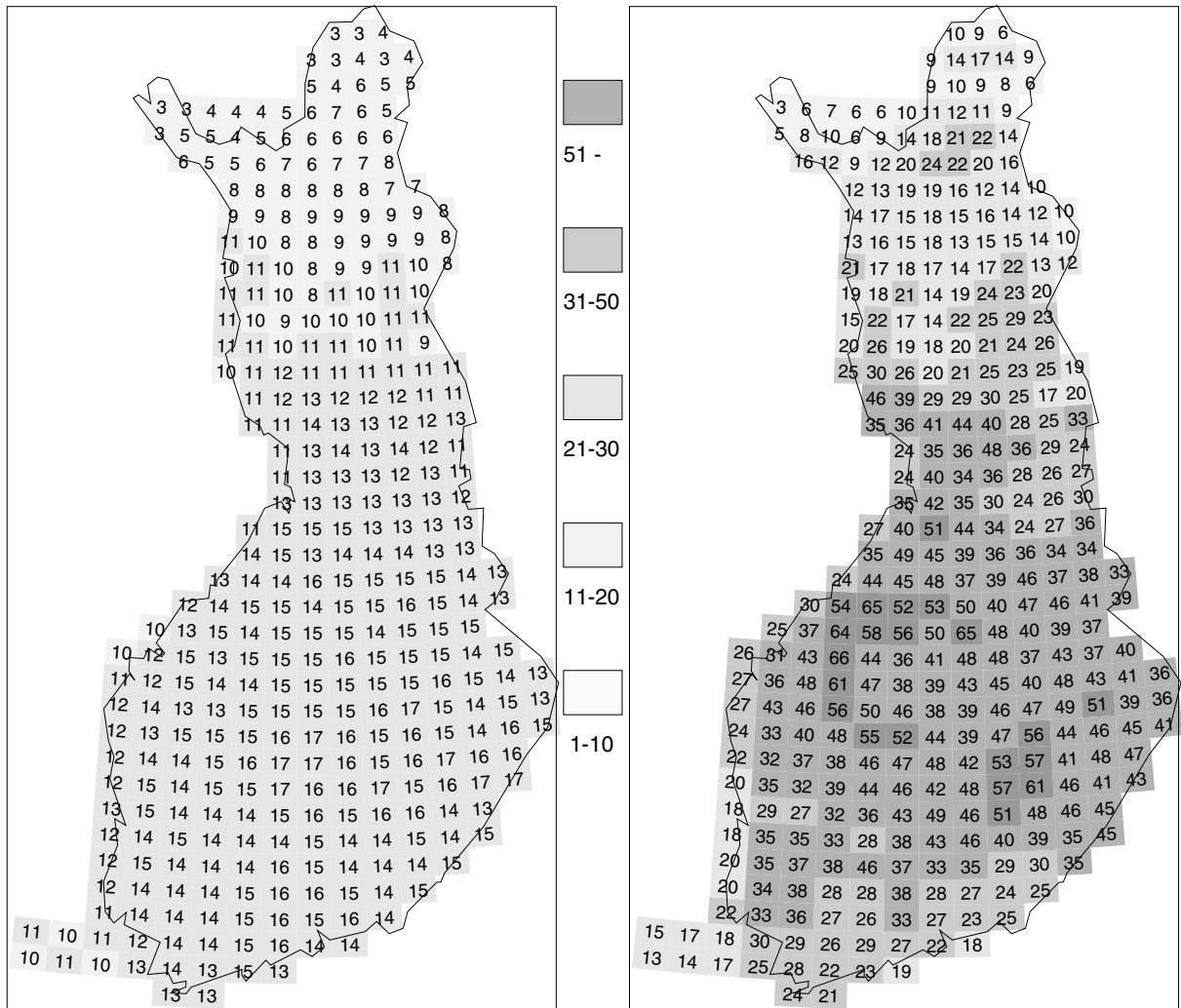
require knowledge of the spatial dependence of the detection efficiency and its temporal changes (the effect is smaller on the thunder day numbers and the mean flash density of the country). The numbers in northern Lapland (as well as the total mean number of flashes in the country) are still too small, because there flashes were not detected until 2002; Fig. 7 is more representative in this respect. The daily means in the lower panel of Fig. 21 are very variable because the most active days are generally different in different years.

In several previous issues of this series (1999, 2000, 2001, 2003), the concept "thunderstorm intensity" has been discussed. Although damages are also caused by heavy precipitation and strong wind, a natural and clear measure of thunderstorm intensity is the flash density, which is here expressed in units of (located ground) flashes/100 km<sup>2</sup>. The thunderstorm season is also characterized by giving the *number of exceptionally violent thunderstorms*. For this, the maximum daily flash densities are sought. However, the local map squares of about 1000 km<sup>2</sup> size, used as the basis for the statistics in this yearbook, smooth down the peak flash densities too much. A map square appropriate for the size of a flash cell is 20 km x 20 km. A "thunderstorm" in this sense is defined as the occurrence of flashes in this square during a day (0-24 UTC). If the density exceeds 80 flashes/100 km<sup>2</sup>, the storm is called exceptionally violent. Since 2000, such cases have occurred as follows:

year	squares	days	max dens.
2000	3	1	194
2001	7	2	137
2002	0	0	74
2003	23	4	233
2004	3	1	95
2005	0	0	67
2006	0	0	62

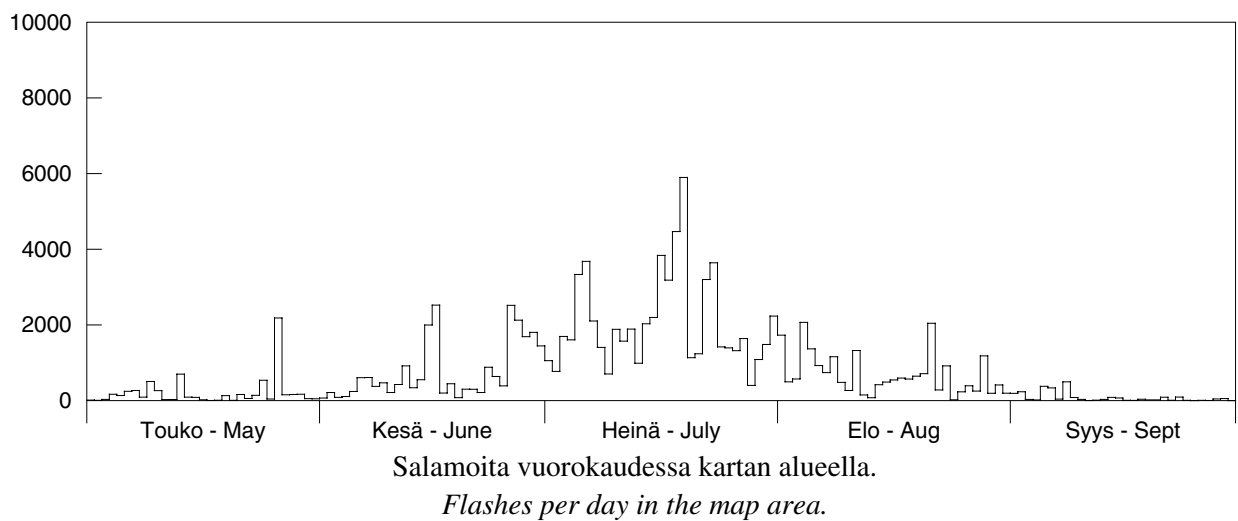
Taulukko 2. Keskimääräiset salama- ja iskutiheydet (sataa neliökilometriä kohti) ja ukkospäivät.  
 Table 2. Mean flash and stroke densities (per one hundred square kilometres) and thunder days.

Vuosi Year	Touko May	Kesä June	Heinä July	Elo Aug	Syys Sept	Kausi Season					
									Sal Fla	Isk Str	Ukkospv Th days
						S a l a m a t i h e y s F l a s h d e n s i t y					
1960	0.3	3.3	20.2	3.7	0.3	27.7	49.9	11.5			
1961	0.0	25.8	18.6	13.2	0.0	57.7	103.8	15.0			
1962	0.5	5.3	8.5	4.1	0.8	19.2	34.6	10.0			
1963	10.5	4.5	7.5	9.2	5.5	37.2	66.9	11.0			
1964	1.9	4.7	4.0	8.2	0.6	19.5	35.0	7.0			
1965	0.3	5.2	5.3	4.2	1.5	16.5	29.7	8.0			
1966	0.9	7.1	14.0	3.0	0.4	25.4	45.7	10.0			
1967	2.9	4.8	9.2	11.4	3.7	31.9	57.4	10.0			
1968	0.4	8.7	2.9	20.3	5.5	37.8	68.1	8.5			
1969	2.1	8.7	14.2	7.6	0.3	33.0	59.3	8.0			
1970	2.0	6.2	23.6	2.8	2.9	37.4	67.3	9.5			
1971	3.5	10.1	7.7	14.8	0.5	36.5	65.7	10.0			
1972	4.7	11.3	65.6	23.5	3.6	108.7	195.7	16.0			
1973	2.0	9.1	42.2	23.1	0.6	76.9	138.5	12.5			
1974	0.1	22.9	27.3	9.4	4.0	63.7	114.6	15.0			
1975	4.5	3.2	19.3	6.0	3.3	36.4	65.5	10.0			
1976	0.8	10.7	6.6	2.1	1.2	21.4	38.6	6.0			
1977	4.5	9.4	17.4	11.0	1.3	43.7	78.7	10.0			
1978	0.9	7.0	13.2	15.5	0.3	37.0	66.5	9.5			
1979	3.8	11.0	28.9	9.9	1.1	54.8	98.7	16.5			
1980	0.4	26.8	6.6	14.6	0.6	49.0	88.3	11.0			
1981	1.8	18.4	35.8	4.5	0.1	60.6	109.1	13.0			
1982	2.7	6.2	11.8	14.2	1.7	36.6	65.9	14.0			
1983	7.1	12.7	8.8	1.1	2.0	31.8	57.2	10.5			
1984	9.1	14.9	20.1	6.5	0.7	51.3	92.3	21.5			
1985	1.3	19.2	8.4	16.1	1.5	46.4	83.6	15.5			
1986	1.1	4.3	5.5	13.0	1.7	25.6	46.1	11.5			
1987	1.8	3.2	8.0	3.3	0.6	17.0	30.6	9.2			
1988	4.4	52.1	38.2	3.2	1.1	99.0	178.3	18.1			
1989	0.6	21.9	3.8	4.6	3.7	34.6	62.2	11.6			
1990	1.5	1.8	6.5	2.9	0.0	12.6	22.6	9.8			
1991	0.7	10.3	8.8	14.0	0.5	34.2	61.6	12.9			
1992	0.7	6.5	13.8	9.3	2.9	33.2	59.8	12.6			
1993	2.3	2.1	11.3	2.0	0.1	17.7	31.8	10.5			
1994	0.1	1.7	34.1	14.9	1.5	52.3	94.2	10.9			
1995	9.9	34.8	4.1	2.4	2.6	53.8	96.9	11.5			
1996	0.0	1.0	7.9	1.8	0.0	10.8	19.4	6.0			
1997	0.2	5.7	31.6	3.0	0.5	41.1	74.0	17.2			
1998	0.5	16.9	16.5	2.7	0.1	36.7	63.2	12.0			
1999	0.6	17.6	17.4	2.3	1.5	39.4	70.4	11.5			
2000	1.1	11.2	18.5	4.8	0.4	35.9	67.0	13.3			
2001	0.3	1.7	22.3	3.7	0.2	28.3	50.8	10.6			
2002	2.4	9.1	12.6	10.1	1.9	36.1	60.9	15.6			
2003	5.9	1.5	47.3	10.1	0.6	65.4	114.8	16.7			
2004	3.8	3.3	15.7	14.3	1.6	38.7		17.5			
2005	1.6	2.6	12.5	2.4	0.2	19.3		11.7			
2006	0.8	1.7	10.8	5.3	0.1	18.9		8.5			
60-06	2.3	10.4	16.9	8.3	1.4	39.3	72.3	11.9			



Ukkospäivät (pinta-alakorjatut).  
Thunder days (area-corrected).

Salamat sataa neliökilometriä kohti.  
Flashes per one hundred square kilometres.



Kuva 21. Vuosikeskiarvoja jaksolta 1998-2006 (kokonaismäärä 118010 salamaa vuodessa).  
Fig. 21. Annual means for the period 1998-2006 (total number 118010 flashes per year).

Esiintymispaikat olivat Tornion lähialue (2000, 2005), Etelä-Suomi (2001), Pohjois-Lappi (2002), Pohjanmaa (2003) ja Pohjoisin Lappi (2004); vuoden 2006 suurin tiheys, joka siis jäi poikkeuksellisuusrajan alle, esiintyi 24.7. Hämeessä.

## Lähdeviitteet

CUMMINS, K.L., M.J. MURPHY, E.A. BARDO, W.L. HISCOX, R.B. PYLE & A.E. PIFER, 1998. A combined TOA/MDF technology upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network. *J. Geophys. Res.* 103, 9035-9044.

Salamahavainnot YYYY. (Luettelo näistä on tämän julkaisun lopussa.)

## Liite 1: Salamanpaikannin

Salamanpaikantimia on saatavana kaupallisesti, ja sellaisten suurin valmistaja on Vaisala Inc., Tucson, Arizona, USA. Ilmatieteen laitoksen nykyinen maasalamanpaikannin hankittiin 1997, jolloin se elokuusta lähtien korvasi vanhemman mallin (TUOMI, 1997). Se käsittää viisi IMPACT-mallista anturia (IMProved Accuracy by Combined Technology).

Vaisala on hankkinut omistukseensa myös SAFIR-pilvisalamanpaikantimen (surveillance et alerte foudre par interférométrie radioélectrique) valmistuksen, ja Ilmatieteen laitos asensi sellaisen kolmianturisenä Lounais-Suomeen. Vaisala on kehittänyt uuden keskusyksikön CP8000, joka vastaanottaa molempien anturimallien tietoja. Ilmatieteen laitos asensi keskusyksikön 11.8.2004.

Paikantimen perustana on anturi, joka koostuu sähkömagneettisten aaltojen suuntimesta sekä satelliittipaikantimen (GPS) vastaanottimesta. IMPACT-

The regions were the north end of the Gulf of Bothnia (2000, 2005), southern Finland (2001), Bothnia (2003) and northernmost Lapland (2004); in 2006 the maximum density (but below the limit) occurred in SW inland on July 24.

## References

CUMMINS, K.L., M.J. MURPHY, E.A. BARDO, W.L. HISCOX, R.B. PYLE & A.E. PIFER, 1998. A combined TOA/MDF technology upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network. *J. Geophys. Res.* 103, 9035-9044.

Lightning Observations, YYYY. (These are listed at the end of this issue.)

## Appendix 1: Lightning location system

Lightning location systems are available commercially, and the largest manufacturer is Vaisala Inc., Tucson, Arizona, USA. FMI purchased the present system for ground lightning in 1997; since August, it replaced the older model (TUOMI, 1997). It is based on five IMPACT-type sensors (IMProved Accuracy by Combined Technology).

Vaisala has acquired also the manufacturing of the SAFIR cloud lightning location system (surveillance et alerte foudre par interférométrie radioélectrique), and FMI installed a three-sensor system in SW Finland. Vaisala has developed a new central unit, CP8000, which receives data from both types of sensors. FMI installed the new unit on August 11, 2004.

The basic unit of the location system is a sensor, which consists of a direction finder of electromagnetic waves and a GPS satellite receiver. The IMPACT di-

suunnin käsittää matalataajuusalueen (LF) magneetti- ja sähkökentän antennit sekä signaalia testaavan ja muokkaavan elektroniikan. Jos signaali näyttää olevan peräisin maasalaman pääsalamasta, tiedot siitä, mm. tulosuunta ja voimakkuus, lähetetään keskusyksikölle. GPS-kellon avulla mukaan liitetään tarkka aikaleima. Jos vähintään kahdelta anturilta tulee tarpeeksi yhtäaikainen havainto, keskusyksikkö laskee suuntien leikkauspisteen, ja käyttää lisäksi aikaeroja paikannuksen tarkentamiseen sekä paikannusvirheen arvioimiseen. IMPACT-anturin nimitys viittaa näiden kahden riippumattoman paikannusmenetelmän (suuntimisen ja aikaeron) yhdistämiseen. Ks. CUMMINS & *al.* (1998).

SAFIR-anturi perustuu radioaaltojen havaitsemiseen VHF-taajuusalueella. Antenni koostuu viidestä tähtimuodostelmassa olevasta dipoliantennista, ja anturi mittaa antennisignaalien vaiheeroista interferometrisesti radioaallon tulosuunnan. Anturin mastossa on myös matalilla taajuuksilla (LF) toimiva sähkökenttäantenni, joka havaitsee, onko radioaallossa mahdollisesti mukana pääsalamasta peräisin oleva pulssi. Uusi keskusyksikkö käyttää tätä matalataajuushavaintoa, GPS-aikaleimalla varustettuna, IMPACT-anturitietojen ohella maasalamoiden paikannuksessa. VHF-havainnot paikannetaan erikseen näistä riippumatta pilvisalamoiksi, joita tässä vuosikirjassa ei tilastoida.

Pohjoisimmat IMPACT-asemat ovat Rovaniemi ja Utajärvi. Kolme muuta ovat Etelä- ja Keski-Suomessa: Kuopio, Niinisalo ja Utti. Anturit ovat maanpinnan tasossa. SAFIR-asemat ovat Jokioinen, Korppoo ja Upinniemi, ja antennit ovat korkeassa mastossa.

Salamanpaikantimen havaintotehokkuus eli paikannettujen ja todellisten salamoiden lukumäärien suhde on vaikea

rektion finder has magnetic and electric low-frequency (LF) antennae and electronics for testing and processing the signal. If the signal seems to have originated from a ground stroke, its data, e.g. bearing of arrival and strength, are sent to the central unit. The GPS clock provides an accurate time stamp for the event. If sufficiently simultaneous observations arrive from at least two sensors, the central unit computes the intersection of the directions, and utilizes also the time-of-arrival differences to improve the location accuracy and to estimate the error. The name of the IMPACT sensor refers to a combination of these two independent methods (direction finding and time-of-arrival). See CUMMINS & *al.* (1998).

The SAFIR sensor is based on the detection of VHF radio waves. The antenna consists of five dipole antennas in a star-like assembly and measures the arrival direction of the radio wave interferometrically from the phase differences of the antenna signals. The mast of the sensor also includes a low-frequency (LF) electric-field antenna, which detects a possible pulse originating from a return stroke. The new central unit uses this low-frequency information, provided with a GPS time stamp, together with the IMPACT data in locating ground flashes. The VHF data are used separately to locate cloud flashes, which are not used in the statistics of this yearbook.

The northernmost IMPACT sites are Rovaniemi and Utajärvi. The three others are in the central and southern parts: Kuopio, Niinisalo and Utti. The sensors are at the ground level. The SAFIR sites are Jokioinen, Korppoo and Upinniemi, and the antennae sit on high masts.

The detection efficiency of the location system, or the ratio of located to true flashes, is difficult estimate, and

määrittää, ja pääosa tuloksista esitetäänkin ilman korjauksia. Joka tapauksessa paikannukseen tarvitaan vähintään kahden anturin havainto (kun kyse on suuntimisesta; pelkässä aikaeropaikannuksessa tarvittaisiin neljä). Nykyään havaintotehokkuusprosenttia suositumpi mitta suorituskyyvylle on paikannukseen osallistuvien anturien keskilukumäärä salamaa kohti, joka Suomessa vuonna 2004 oli 4,3 ja on kasvanut arvoon 5,5 vuonna 2006 mm. SAFIR-anturien myötä. Tämä on suoraan mitattu eikä oletettu luku, josta ehkä myöhemmin voidaan päätellä todellinen havaintotehokkuus ja myös sen paikallinen vaihtelu.

Myös paikannustarkkuus on parantunut. SAFIR-anturien mukaantulon jälkeen virheen mediaani on lähes koko maassa alle 2 km, keskiosissa alle 1 km.

Kuten luvussa 2 mainittiin, laitteisto paikantaa jonkin verran myös harhoja, esim. Etelä-Euroopan ukkosesta voi jokin paikannus harhautua Suomen alueelle, tai Suomessa oleva salama voi paikantua reilusti virhearviota etäämmäksi. Vähäsalamaisessa tilanteessa asia voidaan tarkistaa säätutkista, mutta yleensä harhojen tunnistaminen on toivoton tehtävä. Ne ovat tavallisesti 2-3 anturin paikannuksia, mutta toisaalta kaikki tällaiset eivät ole harhoja. Pääosa harhoista on nyt poistunut heikkojen positiivisten salamoiden myötä sekä sallitun paikannusvirherajan alentamisella (ennen 50 km, nyt 25 km).

Harhojen määrä on luultavasti niin pieni, että vaikutus salamatiheyteen ei ole merkittävä. Sen sijaan yksikin salama/vrk karttaruudussa merkitsee ukkospäivää. Jos vaadittaisiin kahta salamaa, ukkospäiväluku pienenesi keskimäärin 2/3:aan, mikä tuntuu liian suurelta korjaukselta, eli läheskään kaikkia yksinäisiä salamoita ruudussa ei

therefore most of the results are given uncorrected. In any case, finding a location requires the detection by at least two sensors (in direction finding; mere time-of-arrival would need four). Presently, instead of the detection efficiency percentage, a more popular measure for the performance is the average number of sensors reporting a located flash, which in Finland in 2004 was 4.3 and has increased to 5.5 in 2006 by the addition of the SAFIR sensors, among other factors. This is a directly measured number and not an assumption, which may later be used to estimate the true detection efficiency and also its spatial variation.

The location accuracy has also improved. After the addition of the SAFIR sensors, the median error in almost the whole country is below 2 km, and in the central part below 1 km.

As noted in Chapter 2, the system locates also a number outliers, say a flash in a south-European thunderstorm may be located in the Finnish territory, or a flash in Finland may be located well beyond the range of the estimated error. In a quiet situation the matter can be checked by weather radars, but generally the identification of outliers is hopeless. They have usually been detected by 2-3 sensors, but all of these are not outliers. Most of the outliers have now disappeared with the weak positive strokes as well as by decreasing the limit of allowed location error (earlier 50 km, now 25 km).

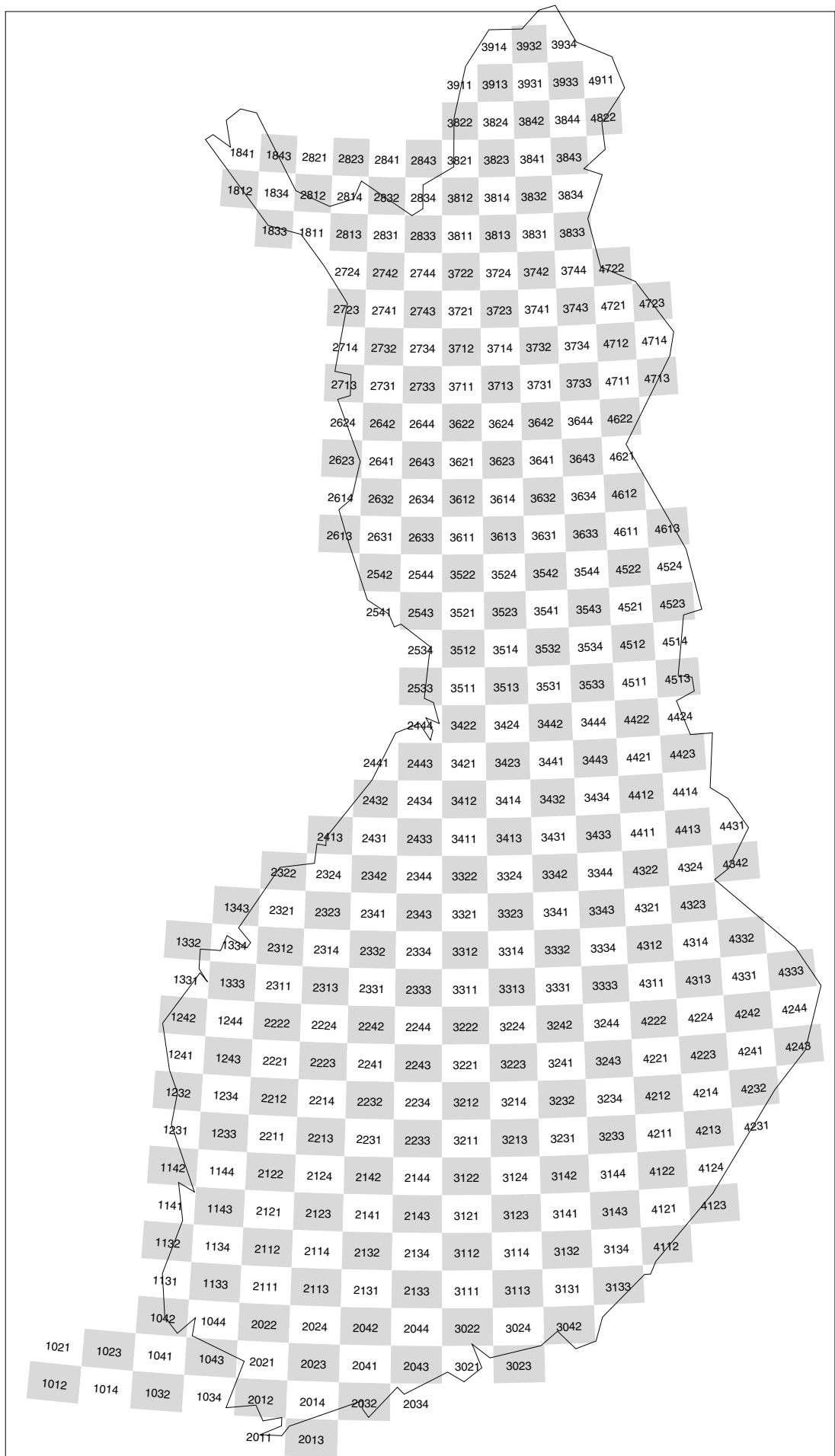
The number of outliers is probably so small that the effect on the flash density is insignificant. However, one daily flash in a map square suffices for a thunder day. If the requirement would be two flashes, the thunder day number would reduce to 2/3, which seems to be too large a correction, i.e. all single flashes in a square are not assumed to be



oleteta harhoiksi. Tästä syystä ukkos-päivälukua ei ole yritetty korjata harhojen suhteen. Vuoden 2006 ukkos-päivälukua voitaneen pitää luotettavana, koska harhojen määrä oli vähäinen. Ero esim. vuoden 2005 korkeampaan lukuun (salamatiheyden ollessa samaa tasoa) ei ainakaan kokonaan selittyne harhoilla, vaan ukkosten hajanaisuudella on myös vaikutusta.

outliers. For this reason, correction to the thunder day number in this respect has not been attempted. The thunder day number of 2006 may be considered reliable because of the low level of outliers. The difference to the higher number in 2005 (the flash density being similar) may not be wholly explained by the outliers; the amount of scatter of the thunderstorms also have an effect.





Nelinumeroisten karttaruutujen numerot. *Numbers of four-digit map squares.*

## **Salamahavainnot - Lightning Observations in Finland**

### **Geofysikaalisia julkaisuja - Geophysical Publications - Geofysikaliska publikationer**

Tuomi, Tapio J., 1987. Salamahavainnot 1984-1986 - Lightning Observations in Finland 1984-1986. 4, 47 p.

Tuomi, Tapio J., 1988. Salamahavainnot 1987 - Lightning Observations in Finland 1987. 5, 37 p.

Tuomi, Tapio J., 1989. Salamahavainnot 1988 - Lightning Observations in Finland, 1988. 8, 34 p.

Tuomi, Tapio J., 1989. Salamahavainnot 1989 - Lightning Observations in Finland, 1989. 11, 39 p.

Tuomi, Tapio J., 1990. Salamahavainnot 1990 - Lightning Observations in Finland, 1990. 18, 28 p.

Tuomi, Tapio J., 1991. Salamahavainnot 1991 - Lightning Observations in Finland, 1991. 25, 28 p.

Tuomi, Tapio J., 1992. Salamahavainnot 1992 - Lightning Observations in Finland, 1992. 29, 36 p.

Tuomi, Tapio J., 1993. Salamahavainnot 1993 - Lightning Observations in Finland, 1993. 34, 33 p.

Tuomi, Tapio J., 1994. Salamahavainnot 1994 - Lightning Observations in Finland, 1994. 37, 32 p.

Tuomi, Tapio J., 1995. Salamahavainnot 1995 - Lightning Observations in Finland, 1995. 40, 32 p.

Tuomi, Tapio J., 1996. Salamahavainnot 1996 - Lightning Observations in Finland, 1996. 42, 36 p.

Tuomi, Tapio J., 1997. Salamahavainnot 1997 - Lightning Observations in Finland, 1997. 44, 40 p.

Tuomi, Tapio J., 1998. Salamahavainnot 1998 - Lightning Observations in Finland, 1998. 47, 45 p.

Tuomi, Tapio J., 1999. Salamahavainnot 1999 - Lightning Observations in Finland, 1999. 50, 43 p.

Tuomi, Tapio J., 2000. Salamahavainnot 2000 - Lightning Observations in Finland, 2000. 51, 44 p.

Tuomi, Tapio J., 2001. Salamahavainnot 2001 – Lightning Observations in Finland, 2001. 55, 41 p.

Tuomi, Tapio J., 2002. Salamahavainnot 2002 – Lightning Observations in Finland, 2002. 56, 42 p.

Tuomi, Tapio J., 2003. Salamahavainnot 2003 – Lightning Observations in Finland, 2003. 57, 42 p.

Tuomi, Tapio J., 2004. Salamahavainnot 2004 – Lightning Observations in Finland, 2004. 58, 40 p.

Tuomi, Tapio J., 2005. Salamahavainnot 2005 – Lightning Observations in Finland, 2005. 59, 40 p.

### **Raportteja - Rapporter - Reports**

Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2006. Salamahavainnot 2006 - Lightning observations in Finland, 2006:6, 39 p.

## RAPORTEJA — RAPPORTER — REPORTS

- 1986: 1. Savolainen, Anna Liisa et al., 1986. Radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aikana. Väliaikainen raportti. 39 s.
2. Savolainen, Anna Liisa et al., 1986. Dispersion of radioactive release following the Chernobyl nuclear power plant accident. Interim report. 44 p.
3. Ahti, Kari, 1986. Rakennussääpalvelukokeilu 1985-1986. Väli raportti Helsingin ympäristön talvikokeilusta 18.11.-13.3.1986. 26 s.
4. Korhonen, Ossi, 1986. Pintatuulen vertailumittauksia lentoasemilla. 38 s.
- 1987: 1. Karppinen, Ari et al., 1987. Description and application of a system for calculating radiation doses due to long range transport of radioactive releases. 50 p.
2. Venäläinen, Ari, 1987. Ilmastohavaintoihin perustuva arvio jyrshinturpeen tuotantoedellytyksistä Suomessa. 35 s.
3. Kukkonen, Jaakko ja Savolainen, Anna Liisa, 1987. Myrkyllisten kaasujen päästöt ja leviäminen onnettomuustilanteissa. 172 s.
4. Nordlund, Göran ja Rantakrans, Erkki, 1987. Matemaattisfysikaalisten ilmanlaadun arviointimallien luotettavuus. 29 s.
5. Ahti, Kari, 1987. Rakennussäätutkimuksen loppuraportti. 45 s.
6. Hakola, Hannele et al., 1987. Otsonin vaihteluista Suomessa yhden vuoden havaintoaineiston valossa. 64 s.
7. Tammelin, Bengt ja Erkiö, Eero, 1987. Energialaskennan säätiedot – suomalainen testivuosi. 108 s.
- 1988: 1. Eerola, Kalle, 1988. Havaintojen merkityksestä numeerisessa säänennustuksessa. 36 s.
2. Fredrikson, Liisa, 1988. Tunturisääprojekti 1986-1987. Loppuraportti. 31 s.
3. Salmi, Timo and Joffre, Sylvain, 1988. Airborne pollutant measurements over the Baltic Sea: meteorological interpretation. 55 p.
4. Hongisto, Marke, Wallin, Markku ja Kaila, Juhani, 1988. Rikkipäästöjen vähentämistoimenpiteiden taloudellisesti tehokas valinta. 80 s.

5. Elomaa, Esko et al., 1988. Ilmatieteen laitoksen automaattisten merisääsääsien käyttövarmuuden parantaminen. 55 s.
  6. Venäläinen, Ari ja Nordlund, Anneli, 1988. Kasvukauden ilmastotiedotteen sisältö ja käyttö. 63 s.
  7. Nieminen, Rauno, 1988. Numeeristen paine- ja korkeuskenttäennusteiden objektiivinen verifiointisysteemi sekä sen antamia tuloksia vuosilta 1985 ja 1986. 35 s.
- 1989: 1. Ilvessalo, Pekko, 1989. Yksittäisestä piipusta ilmaan pääsevien epäpuhtauksien suurimpien tuntipitoisuuksien arviointimenetelmä. 21 s.
- 1992: 1. Mhita, M.S. and Venäläinen, Ari, 1991. The variability of rainfall in Tanzania. 32 p.
2. Anttila, Pia (toim.), 1992. Rikki- ja typpilaskeuman kehitys Suomessa 1980-1990. 28 s.
- 1993: 1. Hongisto, Marke ja Valtanen Kalevi, 1993. Rikin ja typen yhdisteiden kaukokulkeutumismallin kehittäminen HIRLAM-sääennustemallin yhteyteen. 49 s.
2. Karlsson, Vuokko, 1993. Kansalliset rikkidioksidin analyysivertailut 1979 - 1991. 27 s.
- 1994: 1. Komulainen, Marja-Leena, 1995. Myrsky Itämerellä 28.9.1994. Säätilan kehitys Pohjois-Itämerellä M/S Estonian onnettomuusyönä. 42 s.
2. Komulainen, Marja-Leena, 1995. The Baltic Sea Storm on 28.9.1994. An investigation into the weather situation which developed in the northern Baltic at the time of the accident to m/s Estonia. 42 p.
- 1995: 1. Aurela, Mika, 1995. Mikrometeorologiset vuomittausmenetelmät - sovelluksena otsonin mittaaminen suoralla menetelmällä. 88 s.
2. Valkonen, Esko, Mäkelä, Kari ja Rantakrans, Erkki, 1995. Liikenteen päästöjen leviäminen katukuilussa - AIG-mallin soveltuvuus maamme oloihin. 25 s.
  3. Virkkula, Aki, Lättilä, Heikki ja Koskinen, Timo, 1995. Otsonin maanpintapitoisuuden mittaaminen UV-säteilyn absorptiolla: DOAS-menetelmän vertailu suljettua näytteenottotilaa käyttävään menetelmään. 29 s.
  4. Bremer, Pia, Ilvessalo, Pekko, Pohjola, Veijo, Saari, Helena ja Valtanen, Kalevi, 1995. Ilmanlaatuennusteiden ja -indeksin kehittäminen Helsingin Käpylässä suoritettujen mittauksen perusteella. 81 s.
- 1996: 1. Saari, Helena, Salmi, Timo ja Kartastenpää, Raimo, 1996. Taajamien ilmanlaatu suhteessa uusiin ohjearvoihin. 98 s.

- 1997: 1. Solantie, Reijo, 1997. Keväthallojen alueellisista piirteistä ja vähän talvipakkastenkin. 28 s.
- 1998: 1 Paatero, Jussi, Hatakka, Juha and Viisanen, Yrjö, 1998. Concurrent measurements of airborne radon-222, lead-210 and beryllium-7 at the Pallas-Sodankylä GAW station, Northern Finland. 26 p.
- 2 Venäläinen, Ari ja Helminen, Jaakko, 1998. Maanteiden talvikunnossapidon sääindeksi. 47 s.
- 3 Kallio, Esa, Koskinen, Hannu ja Mälkki, Anssi, 1998. VII Suomen avaruustutkijoiden COSPAR-kokous, Tiivistelmät. 40 s.
- 4 Koskinen, H. and Pulkkinen, T., 1998. State of the art of space weather modelling and proposed ESA strategy. 66 p.
- 5 Venäläinen, Ari ja Tuomenvirta Heikki, 1998. Arvio ilmaston lämpenemisen vaikutuksesta teiden talvikunnossapidon kustannuksiin. 19 s.
- 1999: 1 Mälkki, Anssi, 1999. Near earth electron environment modelling tool user/software requirements document. 43 p.
- 2 Pulkkinen, Antti, 1999. Geomagneettisesti indusoituvat virrat Suomen maakaasuverkostossa. 46 s.
- 3 Venäläinen, Ari, 1999. Talven lämpötilan ja maanteiden suolauksen välinen riippuvuus Suomessa. 16 s.
- 4 Koskinen, H., Eliasson, L., Holback, B., Andersson, L., Eriksson, A., Mälkki, A., Nordberg, O., Pulkkinen, T., Viljanen, A., Wahlund, J.-E., Wu, J.-G., 1999. Space weather and interactions with spacecraft : spee final report. 191 p.
- 2000: 1 Solantie, Reijo ja Drebs, Achim, 2000. Kauden 1961 - 1990 lämpöoloista kasvukautena alustan vaikutus huomioiden, 38 s.
- 2 Pulkkinen, Antti, Viljanen, Ari, Pirjola, Risto, and Bear working group, 2000. Large geomagnetically induced currents in the Finnish high-voltage power system. 99 p.
- 3 Solantie, R. ja Uusitalo, K., 2000. Patoturvallisuuden mitoitussadannat: Suomen suurimpien 1, 5 ja 14 vrk:n piste- ja aluesadantojen analysointi vuodet 1959 - 1998 kattavasta aineistosta. 77 s.
- 4 Tuomenvirta, Heikki, Uusitalo, Kimmo, Vehviläinen, Bertel, Carter, Timothy, 2000. Ilmastomuutos, mitoitussadanta ja patoturvallisuus: arvio sadannan ja sen ääriarvojen sekä lämpötilan muutoksista Suomessa vuoteen 2100. 65 s.
- 5 Viljanen, Ari, Pirjola, Risto and Tuomi, Tapio, 2000. Abstracts of the URSI



XXV national convention on radio science. 108 p.

- 6 Solantie, Reijo ja Drebs, Achim, 2000. Keskimääräinen vuoden ylin ja alin lämpötila Suomessa 1961 - 90. 31 s.
  - 7 Korhonen, Kimmo, 2000. Geomagneettiset mallit ja IGRF-appletti. 85 s.
- 2001:
- 1 Koskinen, H., Tanskanen, E., Pirjola, R., Pulkkinen, A., Dyer, C., Rodgers, D., Cannon, P., Mandeville, J.-C. and Boscher, D., 2001. Space weather effects catalogue. 41 p.
  - 2 Koskinen, H., Tanskanen, E., Pirjola, R., Pulkkinen, A., Dyer, C., Rodgers, D., Cannon, P., Mandeville, J.-C. and Boscher, D., 2001. Rationale for a european space weather programme. 53 p.
  - 3 Paatero, J., Valkama, I., Makkonen, U., Laurén, M., Salminen, K., Raittila, J. and Viisanen, Y., 2001. Inorganic components of the ground-level air and meteorological parameters at Hyytiälä, Finland during the BIOFOR project 1998-1999. 48 p.
  - 4 Solantie, Reijo, Drebs, Achim, 2001. Maps of daily and monthly minimum temperatures in Finland for June, July, and August 1961-1990, considering the effect of the underlying surface. 28 p.
  - 5 Sahlgren, Vesa, 2001. Tuulikentän alueellisesta vaihtelusta Längelmävesi-Roine -järvialueella. 33 s.
  - 6 Tammelin, Bengt, Heimo, Alain, Leroy, Michel, Rast, Jacques and Sääntti, Kristiina, 2001. Meteorological measurements under icing conditions : EUMETNET SWS II project. 52 p.
- 2002:
- 1 Solantie, Reijo, Drebs, Achim, Kaukoranta, Juho-Pekka, 2002. Lämpötiloja eri vuodenaikoina ja eri maastotyypeissä Alajärven Möksyssä. 57 s.
  - 2 Tammelin, Bengt, Forsius, John, Jylhä, Kirsti, Järvinen, Pekka, Koskela, Jaakko, Tuomenvirta, Heikki, Turunen, Merja A., Vehviläinen, Bertel, Venäläinen, Ari, 2002. Ilmastomuutoksen vaikutuksia energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. 121 s.
- 2003:
1. Vajda, Andrea and Venäläinen, Ari, 2003. Small-scale spatial variation of climate in northern Finland. 34 p.
  2. Solantie, Reijo, 2003. On definition of ecoclimatic zones in Finland. 44 p.
  3. Pulkkinen, T.I., 2003. Chapman conference on physics and modelling of the inner magnetosphere Helsinki, Finland, August 25 -29, 2003. Book of abstracts. 110 p.
  4. Pulkkinen, T. I., 2003. Chapman conference on physics and modelling of the inner magnetosphere Helsinki, Finland, August 25 -29, 2003. Conference program. 16 p.

- 5 Merikallio, Sini, 2003. Available solar energy on the dusty Martian atmosphere and surface. 84 p.
  - 6 Solantie, Reijo, 2003. Regular diurnal temperature variation in the Southern and Middle boreal zones in Finland in relation to the production of sensible heat. 63 p.
- 2004:
1. Solantie, Reijo, Drebs, Achim and Kaukoranta, Juho-Pekka, 2004. Regular diurnal temperature variation in various landtypes in the Möksy experimental field in summer 2002, in relation to the production of sensible heat. 69 p.
  - 2 Toivanen, Petri, Janhunen, Pekka and Koskinen, Hannu, 2004. Magnetospheric propulsion (eMPii). Final report issue 1.3. 78 p.
  - 3 Tammelin, Bengt et al., 2004. Improvements of severe weather measurements and sensors – EUMETNET SWS II project. 101 p.
  - 4 Nevanlinna, Heikki, 2004. Auringon aktiivisuus ja maapallon lämpötilan vaihtelut 1856 - 2003. 43 s.
  - 5 Ganushkina, Natalia and Pulkkinen, Tuija, 2004. Substorms-7: Proceedings of the 7th International Conference on Substorms. 235 p.
  - 6 Venäläinen, Ari, Sarkkula, Seppo, Wiljander, Mats, Heikkinen, Jyrki, Ervasto, Erkki, Poussu, Teemu ja Storås, Roger, 2004. Espoon kaupungin talvikunnossapidon sääindeksi. 17 s.
  - 7 Paatero, Jussi and Holmen, Kim (eds.), 2004. The First Ny-Ålesund - Pallas-Sodankylä atmospheric research workshop, Pallas, Finland 1 - 3 March 2004 - Extended abstracts. 61 p.
  - 8 Holopainen, Jari, 2004. Turun varhainen ilmastollinen havaintosarja. 59 s.
- 2005:
1. Ruuhela, Reija, Ruotsalainen, Johanna, Kangas, Markku, Aschan, Carita, Rajamäki, Erkki, Hirvonen, Mikko ja Mannelin, Tarmo, 2005. Kelimallin kehittäminen talvijalankulun turvallisuuden parantamiseksi. 47 s.
  2. Laurila, Tuomas, Lohila, Annalea, Tuovinen, Juha-Pekka, Hatakka, Juha, Aurela, Mika, Thum, Tea, Walden, Jari, Kuronen, Pirjo, Talka, Markus, Pesonen, Risto, Pihlatie, Mari, Rinne, Janne, Vesala, Timo, Ettala, Matti, 2005. Kaatopaikkojen kaasupäästöjen ja haihdunnan mikrometeorologisten mittausmenetelmien kehittäminen (MIKROMETKAA). Tekesin Streams – ohjelman hankkeen loppuraportti. 34 s.
  3. Siili, Tero, Huttunen, Emilia, Koskinen, Hannu ja Toivanen, Petri (toim.), 2005. Kymmenes Suomen avaruustutkijoiden kokous (FinCospar) Kokousjulkaisu. 57 s.
  4. Solantie, Reijo and Pirinen, Pentti, 2005. Diurnal temperature variation in

inversion situations. 34 s.

5. Venäläinen, Ari, Tuomenvirta, Heikki, Pirinen, Pentti and Drebs, Achim, 2005. A basic Finnish climate data set 1961 – 2000 – description and illustrations. 24 p.
  6. Tammelin, Bengt, Sääntti, Kristiina, Dobeck, Hartwig, Durstewich, Michel, Ganander, Hans, Kury, Georg, Laakso, Timo, Peltola, Esa, Ronsten, Göran, 2005. Wind turbines in icing environment: improvement of tools for siting, certification and operation – NEW ICETOOLS. 127 p.
- 2006:
1. Mälkki, Anssi, Kauristie, Kirsti and Viljanen Ari, 2006. Auroras Now! Final Report, Volume I. 73 p.
  2. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds.), 2006. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2003. 47 p.
  3. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds.), 2006. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2004. 47 p.
  4. Pajunpää, K. and Nevanlinna, H. (eds.), 2006. Nurmijärvi Geophysical Observatory : Magnetic results 2005. 49 p.
  5. Viljanen, A. (toim.), 2006. Sähkömagnetiikka 2006. Tiivistelmät – Abstracts. 30 s.
  6. Tuomi, Tapio J. & Mäkelä, Antti, 2006. Salamahavainnot 2006 - Lightning observations in Finland, 2006. 39 p.





Ilmatieteen laitos  
Erik Palménin aukio 1, Helsinki  
tel. (09) 19 291  
[www.fmi.fi](http://www.fmi.fi)

ISBN 951-697-654-9  
ISSN 0782-6079  
Yliopistopaino  
Helsinki